**Київський національний університет імені Тараса Шевченка**
ННІ «Інститут геології»
Кафедра мінералогії, геохімії та петрографії

MinGeo
Integration XXI
2021

# Від Мінералогії і Геогнозії до Геохімії, Петрології, Геології та Геофізики: фундаментальні і прикладні тренди XXI століття

**Матеріали конференції**

**28-30 вересня 2021**
**Київ, Україна**

**УДК: 55+548/549**

Збірник праць Всеукраїнської конференції «Від мінералогії і геогнозії до геохімії, петрології, геології та геофізики: фундаментальні і прикладні тренди XXI століття» (MinGeoIntegration XXI), 28-30 вересня 2021року.

MinGeo
Integration XXI

**Підготовка матеріалів:** Омельченко А.М., Осипенко В.Ю.

Всеукраїнська конференція «Від мінералогії і геогнозії до геохімії, петрології, геології та геофізики: фундаментальні і прикладні тренди XXI століття» (MinGeoIntegration XXI) проведена 28-30 вересня 2021року в ННІ «Інститут геології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка. До збірника ввійшли тези доповідей, подані учасниками конференції. Відповідальність за точність, достовірність і зміст поданих матеріалів несуть автори.

# *Шановні колеги!*

*Запрошуємо вас взяти участь у роботі конференції* ***«Від Мінералогії і Геогнозії до Геохімії, Петрології, Геології та Геофізики: фундаментальні і прикладні тренди XXI століття» (MinGeoIntegration XXI – 2021)****, яка відбудеться в Навчально-науковому інституті «Інститут геології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка 28-30 вересня 2021 року дистанційно, або у змішаному (очно/дистанційному) варіанті.*

*Протягом останніх 200 років науки геологічного циклу пройшли довгий та складний шлях, який призвів до їх суттєвої диференціації з формуванням багатьох самостійних дисциплін (геохімія, петрологія, геофізика, тощо). Всі вони зараз інтенсивно розвиваються, мають складну структуру та спрямовані на вирішення великої кількості актуальних як фундаментальних, так і прикладних задач – від дослідження формування та еволюції Землі і планет земної групи до забезпечення мінерально-сировинної бази промисловості та технологій видобутку і переробки корисних копалин. В той же час вирішення цих задач потребує глибокої інтеграції досліджень, які все більш набувають міждисциплінарний характер. Наявність цього тренду, який, швидше за все, буде визначати розвиток геології в XXI столітті, саме й зумовлює доцільність проведення заявленої конференції, в рамках якої будуть розглянуті актуальні питання фундаментального та прикладного спрямування, що мають інтегральний, міждисциплінарний характер.*

MinGeo
Integration XXI

***Голова Організаційного комітету***
***Професор С. Вижва***

# ЗМІСТ

## СЕКЦІЯ 1. Еволюція Землі, її геохімічні, мінералогічні та петрологічні аспекти

**Гаврильчик А.К.** Особенности распределения редких элементов в берилле из коммуны Мудум, Восточная Норвегия ........ 8

**Галамай А.Р., Менг Фанвей, Сидор Д.В., Олійович-Гладка О.В.** Хімічний склад вод пермського океану та ізотопний склад ангідриту пермських евапоритів у контексті еволюції Землі ........ 12

**Гаценко В.О., Шумлянський Л.В.** Речовинний склад дайкових основних порід Приазов'я (Український щит) ........ 15

**Dubyna O.V., Kryvdik S.G., Vyshnevskyi O.A.** New data about REE-apatites at the Chernihivka carbonatite complex (Azov Region) ........ 20

**Земсков Г.А., Яценко В.Г.** Ураноносность территории Украины в высокоранговой структуре геологического времени ........ 24

**Ivanova A.V., Zaitseva L.B.** Donbas volcanogenic tonsteins and their role in the formation of the petrographic composition of coals ........ 28

**Калашник Г.А.** Закономірності локалізації уранового зруденіння у Доно-Дніпровській потенційній урановорудній провінції ........ 32

**Лупашко Т.М., Ільченко К.О., Кривдік С.Г., Таращан А.М.** Спектроскопічні параметри циркону з нефелінових сієнітів ........ 37

**Мамыкина М.Е.** Состав полевого шпата из гранитоидов Белокурихинского массива, Горный Алтай ........ 41

**Мороз Є.С., Скакун Л.З.** Мета-аналіз геологічної інформації західної частини Українського щита ........ 43

**Наумко І.М., Вовк О.П., Яковлєва В.В.** Камерні пегматити Коростенського плутону – неминуще джерело коштовного каміння в Україні ........ 47

**Осипенко В.Ю.** Речовинні особливості фенітових ореолів карбонатитових масивів Українського щита й Воронезького кристалічного масиву ........ 51

**Павлов Г.Г., Павлова О.О.** Первинні включення в мінералах – це «природні автоклави», в яких утворюються мікро- та нанокристали алмазів в процесі динамометаморфізму ........................................ 53

**Покалюк В.В., Коржнев М.Н.** Петрохимическая типизация метапсефо-псаммитовых ассоциаций Украинского щита и ее значение для литогенетических реконструкций и межрегиональных стратиграфических корреляций ........................................ 55

**Решетник М.М., Шумлянський Л.В., Степанюк Л.М., Заяць О.В.** Самарій-неодимовий вік за апатитом діоритоїдів Гайсинського блоку (Український щит) ........................................ 60

**Розко А.М., Семененко В.П.** Органічна речовина в метеоритах ........................ 64

**Салимгараева Л.И., Скублов С.Г., Березин А.В.** Эволюция состава минералов при высокобарическом метаморфизме на примере эклогитов Западного гнейсового региона (Норвегия) ........................................ 67

**Сокур Т.М.** Верхньовендські пісковики південно-західної окраїни Східноєвропейської платформи й геодинамічні умови їх утворення .................. 71

***Shnyukov S.E. Lazareva I.I., Andreev O.V., Savenok S.P., Bunkevych O.L., Virshylo A.V., Omelchenko A.M., Osypenko V.Yu., Aleksieienko A.G.*** Generalized 4-component lithological model as a tool for study of sedimentary record of the continental crust evolution: fundamental and applied aspects .................................. 73

**Тузяк Я.М.** Музейні фонди і колекції палеонтологічного музею Львівського національного університету імені Івана Франка як об’єкт національного надбання ........................................ 78

**Shumlyanskyy L., Wilde S.A., Nemchin A.A., Claesson S., Billström K.** A suite of Eoarchean enderbites and mafic granulites in the Dniester-Bouh domain of the Ukrainian Shield ........................................ 83

**Shumlyanskyy L., Wilde S.A., Artemenko G., Bekker A., Whitehouse M.J., Nemchin A.A.** First discovery of zircons older than 3.8 Ga in the Ukrainian Shield ... 85

**Хоха Ю.В., Яковенко М.Б., Любчак О.В.** Встановлення ступеня виснаженості керогену родовищ вуглеводнів Дніпровсько-Донецької западини термодинамічними методами ........................................ 88

**Яковенко М.Б., Хоха Ю.В., Любчак О.В.** Використання низинних торфів Львівщини як сировини для хімічної промисловості ........................................ 91

**Янченко В.П.** Складні дислокаційні структури і тектонофації первинної епізони скибових Карпат ........................................ 96

**Yatsenko I.G., Poberezhskyy A.V., Bilyk N.T., Bekesha S.N., Mukan T.Yu. Stupka O.O.** Metallic particles from volcanoclastic facies of Mriya pipe (Azov block of Ukrainian Shield) ........................................ 100

## СЕКЦІЯ 2. Комплексування мінералого-геохімічних, літолого-петрографічних та геофізичних методів у моделюванні процесів утворення корисних копалин

**Бочаров В.Л.** Ультраосновные ксенолиты в никеленосных норитовых интрузиях юго-востока Воронежского кристаллического массива ........................ 105

**Григорчук К.Г., Гнідець В.П.** Особливості літофлюїдного режиму та формування покладів вуглеводнів у палеоценових відкладах ділянки Голіцина-Шмідта, Каркінітський прогин ........................................................... 109

**Dubovenko Y.I., Chorna O.A.** Preliminary results of a comprehensive analysis of potential fields of the Ilyinets annular structure ....................................................... 113

**Кузьменкова О.Ф.** Перспективы Припятско-Днепровской области позднедевонского магматизма на выявление полезных ископаемых ................. 118

**Медвідь Г.Б., Гарасимчук В.Ю.** Ґенеза підземних вод та гідрогеологічна модель формування покладів газу у Більче-Волицькій зоні Передкарпатського прогину ........................................................................................................ 122

**Ненахов В.М., Бочаров В.Л.** Металлогенические особенности коллизионных магматических комплексов Туркестано-Алая ................................................... 126

**Попп І.Т., Мороз П.В., Шаповалов М.В.** Постседиментаційні перетворення порід-колекторів крейдово-палеогенових нафтогазоносних відкладів Українських Карпат ..................................................................................... 130

**Prykhodko O.A., Hrytsyk I.I., Kurovets I.M., Kurovets S.S.** Geothermobaric criteria of oil and gas containment of the Southern oil and gas region of Ukraine ................. 135

**Ревер А.О., Гнідець В.П., Григорчук К.Г.** Седименто-літогенез відкладів нижньопланорбелової товщі майкопської серії Фонтанівсько-Горностаєвської зони Індоло-Кубанського прогину .................................................................. 138

**Шумлянська Л.О., Пігулевский П.І.** Використання поліноміального наближення при побудові 1-мірної моделі щільності мантії під Українським щитом за рівнянням Адамса-Вільямсона .......................................................... 141

**Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Дрогицкая Г.М.** Апробация частотно-резонансной технологии обработки спутниковых снимков на участках поисков водоносных коллекторов ......................................................................... 147

**Якимчук Н.А., Корчагин И.Н.** Результаты рекогносцировочного обследования площади сланцевых углеводородов в бассейне Уиллистон (США) ....................... 151

**Якимчук Н.А., Корчагин И.Н.** Рекогносцировочное обследование площади расположения кратера Илань в провинции Хэйлунцзян (Китай) ....................... 156

## СЕКЦІЯ 3. Сучасні комплексні дослідження корисних копалин з метою об'єктивної оцінки їх якості, оптимізації видобутку та підвищення ефективності менеджменту природокористування

**Баранцева С.Е., Кузьменкова О.Ф., Толкачикова А.А., Климош Ю.А., Гундилович Н.Н., Азаренко И.М.** Исследование в области получения силикатных материалов различного назначения на основе магматических и осадочных пород Республики Беларусь ............ 161

**Булат А.Ф., Безручко К.А., Лукінов В.В., Приходченко О.В.** Умови та наслідки техногенних геомеханічних процесів під час експлуатації газових та газоконденсатних родовищ ............ 165

**Губіна В.Г., Яценко В.Г., Заборовська Л.П., Заборовський В.С.** До питання комплексного використання мінеральної сировини родовищ України ............ 169

**Жовинський Е.Я., Крюченко Н.О.** Літієносність ямпільських порід подільського Придністров'я ............ 174

**Ішков В.В., Козій Є.С., Стрєльник Ю.В.** Результати досліджень розподілу кобальту у вугільному пласті К5 поля ВП «Шахта «Капітальна»» ............ 178

**Карамушка О.О.** Особливості викидонебезпечного вугілля ............ 181

**Kovalchuk M.S., Sukach V.V., Vyshnevskyi O.A.** Typomorphic features of native gold in the vertical section of the weathering crust of the Balka Zolota deposit (on the example of wells 514, 544, 545) ............ 185

**Kroshko Yu.V., Kovalchuk M.S.** Structural and lithological modeling of ilmenite deposits in weathering crusts and products of their erosion and redeposition within the Novomyrgorod titanium-bearing region ............ 189

**Лукінов В.В., Безручко К.А., Приходченко О.В., Кобеза В.С.** Показники перспективності отримання додаткових припливів вуглеводнів на газових родовищах ............ 193

**Маметова Л.Ф., Стефанко С.В.** Мінералогія метагенезу ............ 198

**Матрофайло М.М.** Генетичні особливості морфології вугільних пластів Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну ............ 202

**Мороз М.В.** Літологічні та фаціальні особливості кімеридж-титонських відкладів зовнішньої зони Передкарпатського прогину в аспекті їх потенційної нафтогазоносності ............ 207

**Петрова Л.О., Чернієнко Н.М., Белєвцев Р.Я.** Геохімічна специфіка промислових відходів сольових хлораторів Запорізького титано-магнієвого комбінату ............ 211

**Яремчук Я.В., Радковець Н.Я., Колтун Ю.В.** Мінеральний склад та постседиментаційні перетворення калюських верств Волино-Подільської плити за даними рентген-дифрактометричного аналізу ............ 214

**Яценко В.Г., Земсков Г.А.** Определение стратегических видов минеральных ресурсов: подходы, принципы, критерии ........................................................... 218

## СЕКЦІЯ 4. Принципи накопичення, зберігання та ефективного міждисциплінарного використання речовинно-фізичної інформації геологічного профілю

**Ішков В.В., Козій Є.С., Труфанова М.О.** Деякі особливості онтогенезу уролітів мешканців міста Запоріжжя ................................................................................ 223

**Харитонов В.М.** Візуалізація хімічного складу рибекіту з порід і руд родовищ Криворізького регіону з врахуванням нової номенклатури амфіболів ................ 227

**Черниш Д.С., Кульчицька Г.О.** Словник українських назв мінеральних видів – крок до створення «Мінералогічної енциклопедії України» ................................. 231

## СЕКЦІЯ 5. Комплексування методів наук про Землю при вирішенні прикладних задач

**Азімов О.Т., Багрій І.Д., Дубосарський В.Р., Чижиковський В.С.** Перспективи нафтогазоносності П’ятигорівської площі Дніпровсько-Донецької западини за даними комплексу атмогеохімічних і дистанційних методів досліджень ........... 236

**Бахова Н.И.** Тепловая модель грабенообразной структуры при наличии соляной тектоники ............................................................................................................... 240

**Ігнатишин В.В., Ігнатишин А.В., Ігнатишин М.Б., Вербицький С.Т., Іжак Т.Й.** Швидкості сучасних горизонтальних рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому та їх зв'язок з просторово-часовим розподілом місцевої сейсмічності за 2020 рік ................................................................................................................... 244

**Митрохин О.В., Бахмутов В.Г.** Геологічна вивченість району Української антарктичної станції «Академік Вернадський» ................................................ 248

**Olshtynska O.P., Nasedkin Y.I., Ivanova G.M., Mytrofanova O.A.** About scientific and applied aspects of modern sedimentation matter exploration ............................ 254

**Якимчук Н.А., Корчагин Г.Н., Янушкевич К.П.** Особенности глубинного строения площадей расположения кольцевых и импактных структур по результатам частотно-резонансной обработки спутниковых снимков .............. 257

# ЕВОЛЮЦІЯ ЗЕМЛІ, ЇЇ ГЕОХІМІЧНІ, МІНЕРАЛОГІЧНІ ТА ПЕТРОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ

## ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В БЕРИЛЛЕ ИЗ КОММУНЫ МУДУМ, ВОСТОЧНАЯ НОРВЕГИЯ

***Гаврильчик А.К.[1]***
[1]*Санкт-Петербургский горный университет, gavrilchik_ak2@pers.spmi.ru*

***As a result of the SIMS study of zonal beryl from Mudum, eastern Norway, it was found that the distribution of trace elements demonstrates a regular change in the content to the edge of the crystal, regardless of the color pattern of the central and marginal parts of the crystal. Based on the uniform distribution of the content of Cr and V in the central part of the crystal, the presence of a large number of gas-liquid inclusions and cracks was assumed, which affected the change in saturation.***
***On the discrimination diagrams proposed for the identification of emeralds from different regions of the world, the figurative points for the studied beryl do not fall into the proposed fields, which allows us to expand the created diagonal.***
***Keywords: beryl, zonality, trace elements, SIMS method, eastern Norway, Mudum.***

## FEATURES OF THE DISTRIBUTION OF RARE ELEMENTS FOR BERYL FROM THE MUNICIPALITY OF MUDUM, EASTERN NORWAY

***A.K. Gavrilchik[1]***

**Вступление.** В настоящее время набирает популярность направление, связанное с геохимической паспортизацией минерального вида с разной географической привязкой. Такой подход позволяет решать не только генетические проблемы, подобный анализ данных по геохимии демонстрирует возможность составления различных дискриминационных диаграмм, на основе которых станет возможным определение географического происхождения минерала *(Saeseaw et al., 2019)*. Для получения достоверной информации о генезисе и привязке образца необходимо иметь результаты комплексного анализа минерала, включающие в себя содержания малых и редких элементов, особые спектроскопические характеристики и состав микровключений. *(Karampelas et al., 2019)*. В случае с бериллом основная часть публикаций посвящена только ювелирной разновидности берилла – изумруду, при чем образцам высокого качества из самых известных зарубежных месторождений. *(Aurisicchio et al., 2018; Giuliani et al., 2019)*. Бериллы из других месторождений мира, не относящиеся к изумрудам изучены в недостаточной степени, особенно в отношении редкоэлементного состава. Все имеющиеся данные об особенностях состава, характеризуют всего несколько точек в кристалле и не позволяют провести изучение геохимической зональности всего образца. *(Бидный и др., 2011)*. Для детального изучения кристаллов и характера изменения параметров среды кристаллизации стоит провести анализ редкоэлементной ростовой зональности берилла.

**Материал.** Для увеличения количества имеющихся данных по берилловым объектам был выбран призматический образец берилла (1,5 см в длину) в кварцальбитовом агрегате из восточной Норвегии. Кристалл берилла зеленого цвета с заметной зональностью, а именно чередование зон с разной насыщенностью цвета. Можно выделить три зоны, от бесцветной на границе кристалла до насыщенно-зеленой в центре. Образец, выбранный для минералого-геохимическом исследования, являются частью учебной коллекции научно-вспомогательного фонда Горного музея.

**Методика.** Для проведения анализов была изготовлена стандартная шайба с кристаллом, разрезанным перпендикулярно оси удлинения (граням призмы). Такой способ пробоподготовки был выбран для осуществления изучения ростовой зональности берилла от края кристалла к его центру, в плоскости, параллельной базальному пинакоиду. Содержание ряда элементов было получено для 9 точек, которые расположены с равным шагом от периферии кристалла к его центру. (рис. 1)

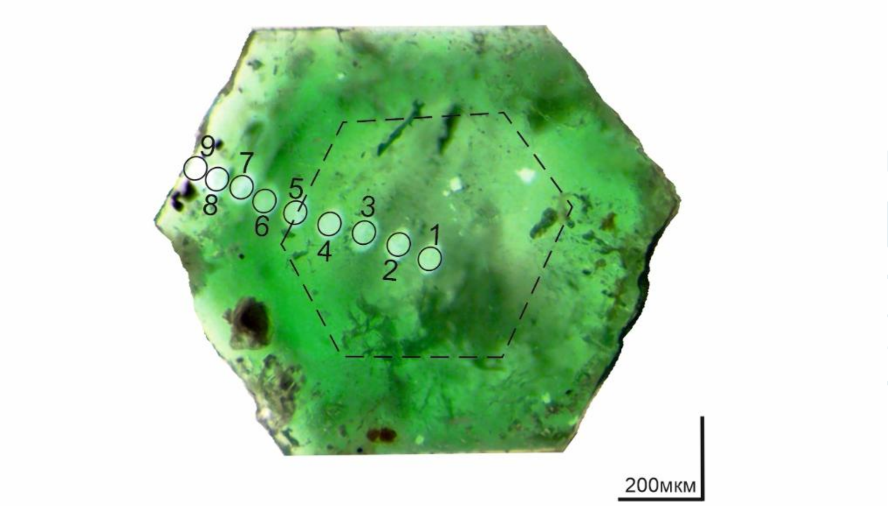


***Рисунок 1.*** *Фотография кристалла берилла (образец 65) с положением точек анализа на ионном микрозонде.*

Содержание редких элементов, включая воду и летучие элементы, в берилле было определено на ионном микрозонде Cameca IMS-4f методом масс-спектрометрии вторичных ионов (SIMS) в Ярославском филиале Физико-технологического института РАН (г. Ярославль) по стандартным методикам. Диаметр анализируемой области составил около 20 мкм. Для расчетов содержания редких элементов содержание $SiO_2$ в матрице берилла принималось равным 66 мас.%. Использовались схемы вычитания изобарных наложений, предложенные в *(Aurisicchio et al., 2018)*. При анализе содержания воды и летучих элементов (фтора и хлора) фон для этих компонентов оценивался путем измерения оливина, имплантированного в препарат вместе с бериллом. Погрешность измерения редких элементов не превышала 10% для концентраций выше, чем 1 ppm, и 20% для концентраций в интервале 0.1-1 ppm, соответственно. Порог обнаружения редких элементов в основном находится в интервале 0.005-0.010 ppm.

**Результаты.** В каждой точке было измерено содержание 22 элементов, включая летучие компоненты (вода, фтор, хлор). Анализ содержаний малых и редких элементов в составе берилла показал наличие четырех характеров их распределения в кристалле.

Первая группа объединяет в себе самое большое количество элементов: K, Ca, Ni, Fe, Na, Co, Ti, Sr, Mg, Cs (рис.2а). Распределение этих элементов имеет весьма выдержанный характер в центре образца (точки 1-8), но в точке 9, на периферии образца происходит резкий скачок содержания несколько раз. Например, содержание Ca увеличивается в 6 раз (с 87 ppm до 607 ppm), содержание Na увеличивается в 5 раз ( с 715 ppm до 3747 ppm), содержание Fe вырастает в 2 раза (с 457 ppm до 825 ppm).

Вторая группа со схожим характером распределения состоит из: Sc, V, Ga, Cr (рис.2b). Распределение элементов внутри этой группы также выдержанно от центра к периферии кристалла, однако значительный рост содержания начинается в точке 7, а в точке 9 происходит заметное снижение. Например, элемент-хромофоры Cr, в точках 1-7 содержание не превышает значения 1050 ppm, а в точке 8 происходит рост в 2 раза до 1900 ppm со снижением до 1600 ppm. Аналогично распределение второго самого распространенного элемента-хромофора – V, содержание которого в несколько раз выше, в точках 1-7 среднее 6580 ppm, в точке 8 увеличение до 13763 ppm и резкое снижение до 11424 ppm в точке 9.

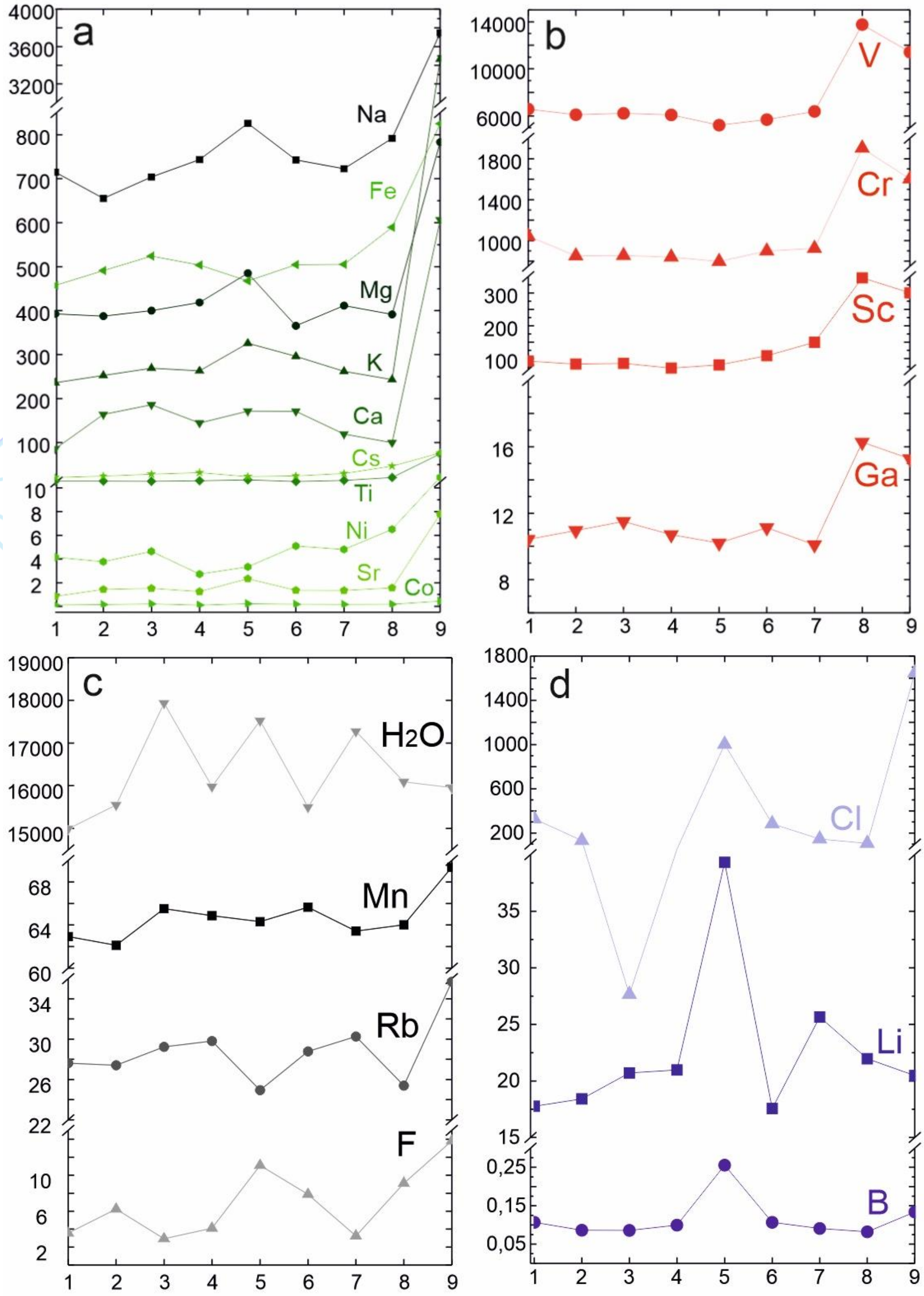


***Рисунок 2.*** *Зональность по редким элементам (г/т) в берилле из коммуны Мудум, восточная Норвегия.*

Третья группа элементов: Mn, Rb, F (рис.2c). Характер распределения выбранных элементов аналогичен первой группе, в точках 1-8 более пологое распределение, в точке 9 резкий скачок содержания. Однако, в данной группе значения в центральной части кристалла изменяются в больших пределах, в сравнении с первой группой. Например, распределение F варьируется от 24,94 до 30,26 ppm, а в точке 9 возрастает до 35,68 ppm. Содержание Mn меняется от 62,11 до 65,66 ppm, в точке 9 возрастает до 69,37 ppm. Отдельно стоит выделить характер распределения воды в кристалле, который тяготеет к равномерному, но изменяется в достаточно широких пределах (от 14991 до 17938 масс%).

Четвертая группа элементов: Li, B, Cl (рис.2d). Распределение выбранных элементов сравнительное пологое, средние значения для Li - 20,44 ppm, для B - 0,10 ppm, Cl - 161 ppm, при этом присутствует резкий скачок содержания в два раза в точке 5 с последующим снижением содержания до средних значений. При этом содержание Cl вырастает вторично на краю кристалла (точка 9) до максимального значения 1648 ppm.

**Заключение.** В результате проведенного исследования зонального берилла из восточной Норвегии в отношении распределения редких элементов установлено, что большая часть элементов демонстрирует закономерное изменение содержания к краю кристалла, что не подтверждает установленную цветовую зональность (особенно первая и вторая группа элементов). Основываясь на изменении содержаний основных хромофоров – Cr и V (увеличении содержаний только в краевых точках), можно считать, что наличие зон с разной интенсивностью цвета обусловлена наличием в них большого количества трещин и газово-жидких включений. Полученные геохимические данные были нанесены на дискриминационные диаграммы, разработанные для идентификации изумрудов из различных регионов мира *(Saeseaw et al., 2019).* Часть фигуративных точек для берилла из Норвегии (рис.3) попадает на нижнюю границу поля составов, характерных для изумрудов Афганистана. Оставшаяся часть не занимает другие выделенные поля, следовательно, при большем количестве измерений может быть добавлено новое идентификационное поле, либо усовершенствованы границы нынешнего.

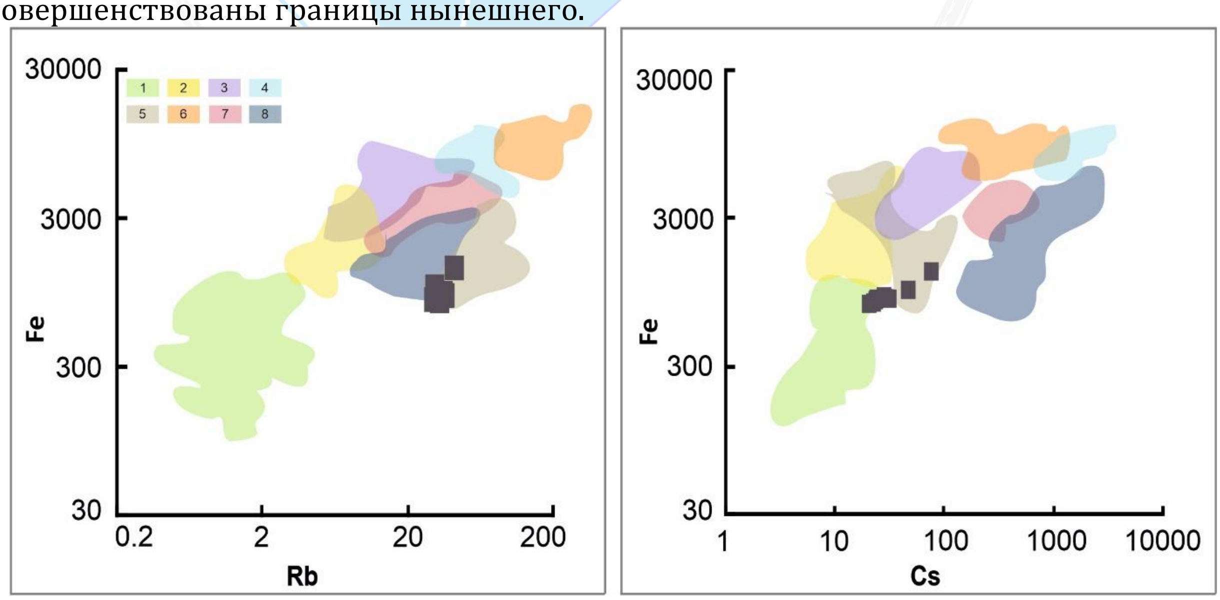


***Рисунок 3.*** *Дискриминационные диаграммы соотношения редких элементов, используемые для определения происхождения изумрудов (Saeseaw et al., 2019). Показаны поля составов для изумрудов из: 1 – Колумбии, 2 – Китая, 3 – Бразилии, 4 – Замбии, 5 – Афганистана, 6 – Мадагаскара, 7 – Эфиопии, 8 – России (Урал). Аналитические точки для обр. 65 обозначены квадратом.*

## Список использованных источников

Бидный А.С., Бакшеев И.А., Попов М.П., Аносова М.О. Сравнительная характеристика берилла из месторождений Уральской изумрудоносной полосы по данным ЛА-ИСП-МС- и ИК-спектроскопии // Вестник Московского университета. 2011. Сер. 4. № 2. С. 34-41.

Aurisicchio C., Conte A.M., Medeghini L., Ottolini L., De Vito C. Major and trace element geochemistry of emerald from several deposits: Implications for genetic models and classification schemes. Ore Geol. Rev. 2018. Vol. 94. P. 351-366.

Giuliani G., Groat L.A., Marshall D., Fallick A.E. , Branquet Y. Emerald deposits: A review and enhanced classification. Minerals. 2019. Vol. 9. 105.

Karampelas S., Al-Shaybani B., Mohamed F., Sangsawong S., Al-Alawi A. Emeralds from the most important occurrences: chemical and spectroscopic data. Minerals. 2019. Vol. 9. 561.

Saeseaw S., Renfro N.D., Palke A.C., Sun Z., McClure S.F. Geographic origin determination of emerald. Gems Gemol. 2019. Vol. 55. P. 614-646.

# ХІМІЧНИЙ СКЛАД ВОД ПЕРМСЬКОГО ОКЕАНУ ТА ІЗОТОПНИЙ СКЛАД АНГІДРИТУ ПЕРМСЬКИХ ЕВАПОРИТІВ У КОНТЕКСТІ ЕВОЛЮЦІЇ ЗЕМЛІ

***Галамай А.Р.[1], Менг Фанвей[2], Сидор Д.В.[1], Олійович-Гладка О.В.[1]***

*[1]Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів, galamaytolik@ukr.net, dariyasydor@gmail.com, 444oloksana444@gmail.com*

*[2] State Key Laboratory of Paleobiology and Stratigraphy, Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, CAS, Nanjing 210008, China, mengfanwei2004@hotmail.com*

***This study describes a new determination of the S isotope composition anhydrites and the chemical composition of sedimentation brines of Lower Permian (Kungurian) from the Upper Pechora Basin, Cis-Ural region, Russia. $\delta^{34}S$ values vary from +12.6 to +15.1‰. The narrow fluctuation range of sulphur isotopes values of the measured anhydrite indicated their little fractionation. In accordance with the new data obtained and the analysis of the features of the formation of salt-bearing deposits in the East-European basin, the sulfate ion content in sea brines of the Kungurian time was 5.5 mol %. It was established that during the Permian, evolutionary changes in content of sulphate ions in seawater correlate with sulphur isotopic composition of marine evaporites.***

# CHEMICAL COMPOSITION OF PERMAN SEAWATER AND ISOTOPIC COMPOSITION OF THE PERMAN ANHYDRITES IN THE EARTH EVOLUTION CONTEXT

***Anatoliy R. Galamay, Fanwei Meng, Daria V. Sydor, Oksana V. Oliyovych-Hladka***

**Вступ.** Вікові зміни у складі морської води узгоджуються з багатьма процесами земної еволюції: коливаннями рівня океану, змінами швидкості спредінгу і формуванням океанічної кори, варіаціями клімату та іншими. Згідно із кількісною моделлю еволюції складу морської води у фанерозої, вирізняється два мегацикли його зміни – палеозойський і мезозой-кайнозойський. Води океану протягом фанерозою відповідали хлоркальцієвому (Na-K-Mg-Ca-Cl) типу (кембрій-карбон та юра-палеоген) і лише наприкінці кожного з циклів (перм, тріас, еоцен-плейстоцен) – переходили у сульфатний (Na-K-Mg-Cl-$SO_4$) тип *(Ковалевич, 1990; Lowenstein et al., 2005)*. Ізотопний склад сірки морських евапоритів у фанерозої також зазнавав суттєвих змін. На еволюційній кривій чітко виділяється максимум із значенням $\delta^{34}S$ +30 ‰ у кембрії та мінімум із значенням $\delta^{34}S$ +10 ‰ у пермі *(Claypool et al., 1980)*. Значні коливання значень від одного до іншого періоду пояснюється змінами інтенсивності відкладення та ерозії сульфатів і сульфідів, надходженням ювенільної сірки, інтенсивністю біологічного відновлення сульфатів та іншими причинами.

**Формулювання проблеми, актуальність її вирішення.** На даний час не вивченими залишаються ще низка питань щодо направленості та узгодженості еволюції окремих процесів у часових межах окремих періодів фанерозою. Крім того, нові дані щодо умов седиментації у древніх солеродних басейнах та постседиментаційних змін у соленосних відкладах мають вирішальне значення у палеогеографічних реконструкціях і відіграють важливу роль у прикладному аспекті.

**Фактичний матеріал та методологія досліджень.** Нами досліджені флюїдні включення у галіті та ангідрит нижньопермського (кунгурського) Верхнопечорського басейну. Хімічний склад розчинів первинних флюїдних включень вивчено у 6 зразках галіту св. № 12 і № 15. Проведено більше 60 аналізів. Ізотопний склад ангідриту визначений у 24 зразках із 9-и свердловин (рисунок 1).

Для дослідження хімічного складу включень у галіті використовувався ультрамікрохімічний метод *(Петриченко, 1973)*. Ізотопні аналізи ($\delta^{34}S$) ангідриту проводили дві лабораторії: ALS (Australian Laboratory Services) Laboratory Group та Oxy-Anion Stable Isotope Consortium (OASIC) у Державному університеті Луїзіани. Дослідження проводилися за допомогою мас-спектрометра MAT 253, поєднаного з елементним аналізатором Costech ECS 4010. Ізотопні аналізи сірки були нормалізовані до стандарту VCDT. Всі отримані значення відтворювані до 0,2 ‰.

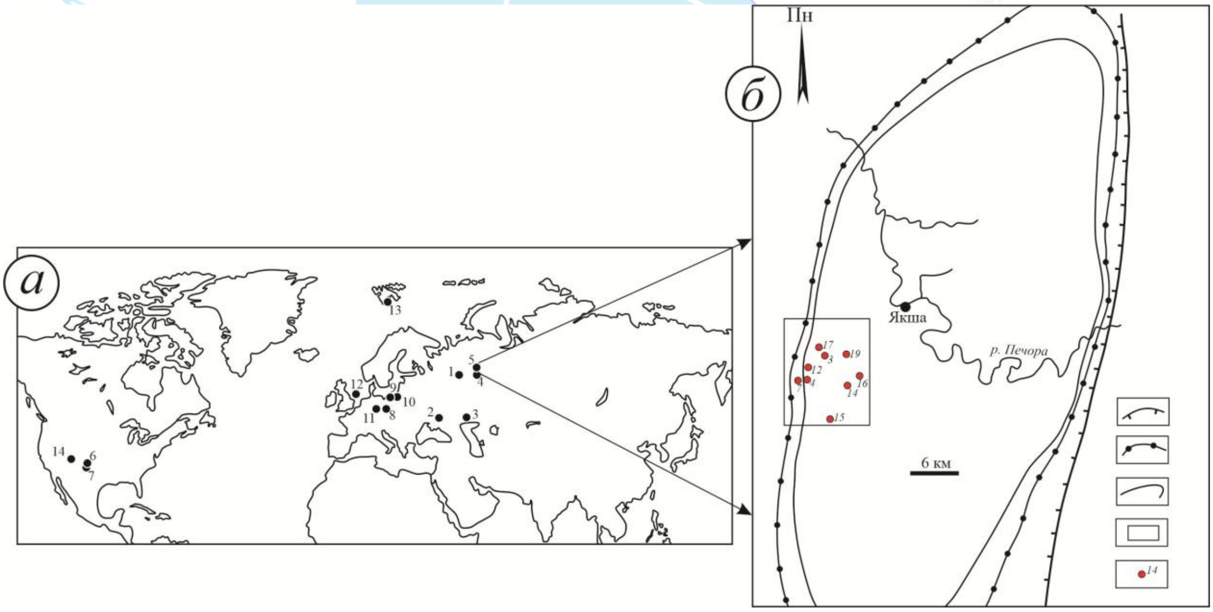


***Рисунок 1.*** *Пермські солеродні басейни: а) Локалізація басейнів чи їхніх частин на Європейському і Північноамериканському континентах. 1 – Двінсько-Сухонский; 2 – Дніпровсько-Донецький; 3 – Прикаспійський; 4 – Верхньокамський; 5 – Верхньопечорський; 6 – Пало Дуро; 7 – Делавер; 8 – Цехштейновий (південно-західна Польща); 9 – Цехштейновий (північна Польща); 10 – Цехштейновий (Прибалтика, Росія); 11 – Цехштейновий (Німеччина); 12 – Цехштейновий (Північне море); 13 – Шпіцберген; 14 – Денвер. б) Схематична карта Верхньопечорського калієносного басейна (Высоцкий, 1988; Раевский, 1973): 1 – граница поширення відкладів іренського горизонта, 2 – граница соленосних відкладів, 3 – граница поширення покладів і проявів калійних солей, 4 – площа західної ділянки пошуку калійних солей ЗАТ «Міреко», 5 – номери свердловин з керну яких відібрані зразки.*

**Отримані результати, їх обговорення.** Отримані за допомогою ультрамікрохімічного методу дані свідчать про те, що основним джерелом солей Верхньопечорського басейну була морська вода сульфатного типу. Концентрація розсолів під час кристалізації солей підвищувалась поступово (св. 12). Але на окремих ділянках (св. 15) відбувався швидкий ріст вмісту $K^+$, $Mg^{2+}$ і $SO_4^{2-}$ у розсолах до рівня сильвінової стадії. Як відомо, морська вода пермсько-тріасового періоду відповідала сульфатному типу, але у порівнянні із сучасною, характеризувалась значно зниженим вмістом сульфат-іону *(Lowenstein et al., 2005)*. Отримані дані підтверджують уявлення про сульфатний тип морської води в пермо-тріасі та про різко знижений вміст $SO_4^{2-}$ у пермській морській воді кунгурского часу. Верхньопечорский, Верхньокамський і Прикаспійський басейни у кунгурський час входили у систему єдиного Східноєвропейського басейну. Дотепер вважалось (за результатами вивчення Верхньокамського і Прикаспійського басейнів), що у згущеній до стадії осадження галіту кунгурській морській воді вміст $SO_4^{2-}$ становив 2-5 г/л, тобто 3,2 mol % *(Ковалевич, Вовнюк, 2010)*. Ми узагальнили наші і літературні дані хімічного складу розсолів включень у галіті із низів кунгурських соленосних товщ, що характеризують невисокі (нижче стадії осадження калійних солей) стадії осадження галіту з морської води. Згідно цих узагальнень, у процесі концентрування розсолів у Верхньопечорскому і Прикаспійському солеродних басейнах вміст $SO_4^{2-}$ у них підвищувався і часом досягав 28,7 г/л (Верхньопечорський басейн, наші дані) і навіть 41,2 г/л (Прикаспійський басейн, *(Московский, 1983)*). Водночас, у Верхньокамському басейні відбувалося закономірне зниження вмісту сульфат-іону у розсолах по мірі соленагромадження до 0,5 г/л перед осадженням калійних солей, а середній його вміст у цьому басейні становив лише 4,4 г/л *(Kovalevich et al., 2002)*, що, очевидно, слід пов’язувати із поступовим знесульфаченням морських розсолів у підготовчих басейнах. Тому, вважаємо, що у згущеній до осадження галіту кунгурській морській воді вміст $SO_4^{2-}$ був близько 5,5 mol % (рисунок 2).

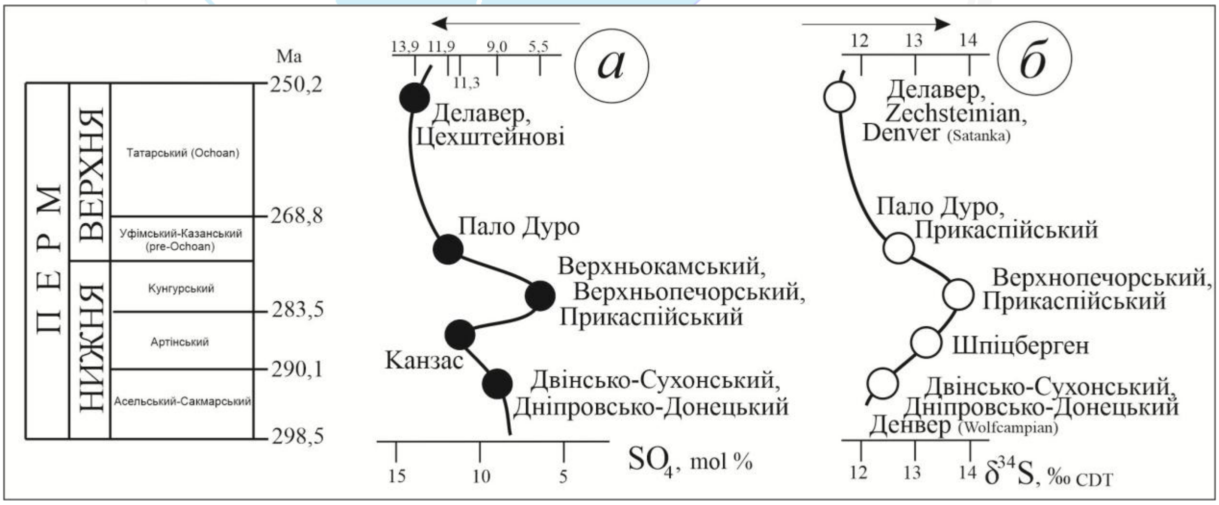


***Рисунок 2.*** *Кореляція між $\delta^{34}S$ ангідриту морських евапоритів пермі та вмістом сульфат-іону у розсолах пермських солеродних басейнів (наші і узагальнені літературні дані): а) вміст сульфат-іону у розсолах; б) значення $\delta^{34}S$ ангідриту.*

За результатами дослідження ізотопний склад сірки ангідриту Верхньопечорського басейну коливається від +12,6 до +15,1 ‰ (середнє значення 13,9 ± 0,7 ‰). Вузький діапазон отриманих значень свідчить про незначне фракціонування ізотопів сірки. Встановлено, що визначальним чинником їхнього фракціонування був утруднений обмін міжкристальних і наддонних розсолів під час бактеріальної сульфат-редукції. Згідно проведеного узагальнення даних $\delta^{34}S$ ангідриту пермських морських евапоритових відкладів, які утворились за незначного впливу континентального стоку і процесів фракціонування ізотопів, встановлено, що ізотопний склад сірки ангідриту кунгурських евапоритів дещо відрізняється збагаченістю важким ізотопом ($^{34}S$) у порівнянні з ангідритом асельсько-артинського і уфімсько-татарського віку. Зіставлення кривих ізотопного складу сірки ангідриту з кривою вмісту $SO_4^{2-}$ у морських водах свідчить про існування оберненої кореляції між цими базами даних (див. Рис. 2).

**Висновки.** Таким чином, уявлення про еволюцію хімічного складу морської води у часових межах окремих періодів фанерозою підтверджується еволюцією ізотопного складу розчиненого сульфату морських вод. Чітка кореляція між значними масивами даних вмісту сульфат-іону у морській воді та $\delta^{34}S$ евапоритів, отриманих з численних віддалених один від одного солеродних басейнів, свідчить про взаємопов'язаність процесів Земної еволюції, що мають не локальний, а глобальний характер.

### Список використаних джерел

Высоцкий Э.А. [1988] Калиеносные бассейны мира. – Минск: Наука и Техника. – 387 с.

Ковалевич В.М. [1990] Галогенез и химическая эволюция океана в фанерозое. – К.: Наук. думка. – 154 с.

Ковалевич В.М., Вовнюк С.В. [2010] Вековые вариации химического состава рассолов морских эвапоритовых бассейнов и вод мирового океана как отражение глобальной эволюции геологических процессов в фанерозойской истории земли // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – № 4. – С. 45-61.

Московский Г.А. [1983] Исследования физико-химических условий седиментации кунгурских галогенных отложений западной части Прикаспийской синеклизы по включениям в минералах: Автореф. дис... канд. геол.-минерал. наук: 04.00.02 – геохимия / МГУ. – Москва. – 19 с.

Раевский В.И. [1973] Месторождения калийных солей СССР. – Л.: Недра. – 344 с.

Claypool G.E., Holser W.T., Kaplan I.R., Sakai H., Zak I. [1980] The age curves of sulfur and oxygen isotopes in marine sulfate and their mutual interpretation // Chem. Geol. – Vol. 28. – P. 199-260.

Kovalevych V.M., Peryt T.M., Carmona V., et al. [2002] Evolution of Permian seawater: evidence from fluid inclusions in halite / // N. Jb. Miner. Abh. – Vol. 178, N 1. – P. 27-62.

Lowenstein T.K., Timofeeff M.N., Kovalevych V.M., Horita J. [2005] The major-ion composition of Permian seawater / // Geochim. Cosmochim Acta. – Vol. 69, N 7. – P. 1701-1719.

MinGeo
Integration XXI

## РЕЧОВИННИЙ СКЛАД ДАЙКОВИХ ОСНОВНИХ ПОРІД ПРИАЗОВ'Я (УКРАЇНСЬКИЙ ЩИТ)

***Гаценко В.О[1], Шумлянський Л.В[1,2]***

*[1] Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка*
*НАН України, Київ, Україна, vera.gatsenko@ukr.net*
*[2] School of Earth and Planetary Sciences, Curtin University, Perth, Australia,*
*lshumlyanskyy@yahoo.com*

***Camptonites of the Khlobodarivka open pit have the highest concentration of the trace elements among all newly studied rocks of the Azov Domain of the Ukrainian Shield. These rocks are characterized by strong REE fractionation. In contrast, ultramafic rocks of the Kolarivka complex have the lowermost REE concentration joined with the***

***lowermost fractionation. The Devonian dykes of the Pokrovo-Kyriivo massif are characterized by the highly fractionated REE pattern, lack of the Eu anomaly and positive peaks of Ba, Nb, La-Ce, Nd, and Ti.***

## COMPOSITION OF MAFIC DYKES OF THE AZOV DOMAIN OF THEUKRAINIAN SHIELD

***Gatsenko V.O., Shumlyanskyy L.V.***

**Вступ.** Речовинний склад дайкових порід Приазов’я Українського щита багато десятиріч поспіль є об’єктом дослідження геологічної спільноти. Розподіл елементів-домішок в цих породах дозволяє робити висновки про походження та еволюцію первинних розплавів на новому рівні. Подібні дослідження було розпочато з кімберлітів Приазов’я (*Юткина и др., 2004*). В останні роки опубліковано кілька статей, в яких представлені результати досліджень еволюції розплавів девонських мафіт-ультрамафітових порід Приазов’я (*Юткина и др., 2017; Сазонова и др., 2019*).

**Аналіз попередніх досліджень, формулювання проблеми, актуальність її вирішення.** В статті (*Юткина и др., 2004*) були визначені індикаторні петролого-геохімічні характеристики кімберлітів Приазов’я в порівнянні з кімберлітами світу. В роботі (*Юткина и др., 2017*) розглядаються девонські дайкові долерити Воронізького кристалічного масиву та долерити Приазов’я. В останній роботі авторів (*Сазонова и др., 2019*) досліджувалися породи девонської магматичної асоціації Приазов’я: габроїди, перидотити, піроксеніти, дайки лампрофирів Покрово-Киріївського масиву (ПКМ) та лави пікритів і пікробазальтів антонівської (колишньої антон-тарамської) світи. Ми продовжили вивчення елементів домішок в дайкових породах Приазов’я і презентуємо результати дослідження девонських дайкових порід ПКМ, а також палеопротерозойських (?) камптонітів Хлібодарівського, порфірових мікрогаброїдів Дмитріївського кар’єрів та архейських (?) ультрабазитів коларівського комплексу.

**Фактичний матеріал та методологія досліджень.** Зразки для досліджень були відібрані зі керну свердловин 34, 35 36 Покрово-Киріївської ділянки, люб’язно наданого нам геологами Приазовської експедиції (партії) та відслонень Хлібодарівського та Дмитрівського кар’єрів, ультрабазитів коларівського комплексу, що були відібрані в польових експедиціях у Приазов’ї. Мікроскопічні дослідження виконані в Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України (ІГМР). Вивчення прозорих та прозоро-полірованих шліфів відбувалось на мікроскопі Nikon eclipse LV100Pol. Хімічний склад порід визначався методом ICP-MS в комерційні лабораторії компанії Bureau Veritas Ванкувер, Канада).

**Отримані результати, їх обговорення.** Результати досліджень підтвердили різноманітність речовинного складу дайкових порід Приазов’я. Найбільший об’єм нового матеріалу становлять результати дослідження девонських дайкових порід ПКМ. Досліджувані дайкові породи представлені порфіровими, порфіровидними, рідше афіровими мікрогаброїдами, головними породоутворювальними мінералами яких є клінопіроксен, кислий плагіоклаз і рудні мінерали (титаномагнетит та ільменіт). Фенокристи представлені клінопіроксенами та олівіном, останній повністю заміщений хлоритом. Про колишню наявність первинного олівіну свідчать характерні розрізи. Незважаючи на спільні головні породоутворювальні мінерали, кожній з досліджуваних дайкових порід притаманні певні мінералого-петрографічні та геохімічні особливості.

1. Порфіровий амфібол-титаномагнетитовий мікрогаброїд (зразок 34-123,5) ПКМ. Фенокристи представлені титанистим авгітом та олівіном, якій заміщений тальком. Основна маса породи: титанистий авгіт, якій за складом подібний до такого фенокристів і наближається за вмістом MgO до ендіопсиду, кислий плагіоклаз, амфіболи (гастингсит, керсутит, рогова обманка), титаномагнетит, ільменіт, титаніт, одиничні мікрозерна хроміту.

2. Мікрогаброїд магнетитовий рідкопорфіровий (зразок 34-180,3) ПКМ. Фенокристи представлені олівіном, що заміщений тальком та слюдами. Головними породоутворювальними мінералами є титанистий саліт, кислий плагіоклаз та титаномагнетит.

3. Мікрогаброїд біотит-магнетитовий порфіровидний (зразки 34-189,7-1) ПКМ, який, завдяки крупним порфіроподібним включенням біотиту та високому вмісту лугів (3,8 %) можна назвати лампрофіром. Також ця дайкова порода вирізняється серед інших найвищим вмістом MgO (14 %), ніобію (119 ppm) та суттєвим переважанням калію над натрієм ($Na_2O/K_2O$ = 0,36).

4. Порфіровий мікродіорит (зразок 34-189,7-2) ПКМ – дайкова порода середнього складу ($SiO_2$ 56,9 %) з високим вмістом лугів (8,8 %). На діаграмі TAS вона потрапляє до поля трахіандезитів. Головними породоутворювальними мінералами тут є олігоклаз, калішпат, авгіт, флогопіт, ільменіт та низькотитанистий магнетит. Фенокристи представлені титаністим авгітом з високим вмістом воластонітового міналу (Wo=42,6-45,0), мікроліти складені авгітом (Wo=26,2-28,4). В цій дайковій породі хімічні склади піроксенів фенокристів та мікролітів так різко відрізняються.

5. Олівін-авгітовий лампрофір (зразок 35-246,0) ПКМ. Основна маса: низькотитанистий авгіт, кислий плагіоклаз, калішпат, біотит, рудні (титаномагнетит та ільменіт). Фенокристи представлені авгітом та олівіном, що заміщений хлоритом та магнетитом. Навколо цих мінералів утворюються облямівки амфіболу та, в більший кількості, – біотиту. За своїми геохімічними характеристиками порода вирізняється підвищеним вмістом лугів (7,5 %), з вмістом $SiO_2$ 43,5 %.

6. Мікропіроксеніт флогопіт-магнетитовий з фенокристами клінопіроксену, рідше - олівіну, заміщеного хлоритом (зразок 35-347,5) ПКМ.

7. Порфіровий флогопітовий мікрогаброїд з фенокристами діопсиду, крупними лусками флогопіту та ільменіт-плагіоклаз-авгітовою основною масою (зразок 35-348,1) ПКМ.

8. Афіровий мікрогаброїд з керсутит-клінопіроксен-тітаномагнетитовою основною масою (зразок 36-236,2) ПКМ.

9 – (зразок 36-295,0) і 10 – (зразок 36-300,0) ПКМ – порфіровидні керсутитові лампрофіри. Основна маса представлена керсутитом, альбітом та титаномагнетитом. Фенокристи виповнені хлоритом, що заміщує олівін.

10. Камптоніти Хлібодарівського кар'єру – порфірові породи з фенокристами авгіту, керсутиту, титанистого біотиту, псевдоморфоз карбонату по олівіну. Основна маса складається з біотиту, плагіоклазу, клінопіроксену, хлориту та магнетиту.

11. Порфіровий мікрогаброїд з фенокристами, мінерали яких заміщені серпентином, агрегатами слюд, карбонатом, хлоритом з включеннями магнетиту (Дмитріївський кар'єр). Основна маса представлена дрібнозернистим агрегатом плагіоклазу, хлориту, клінопіроксену, магнетиту, більш крупними лусками біотиту. Петрохімічною особливістю породи є висока залізистість ($FeO_{tot}$ = 19,2 %).

Ультрабазити коларівського комплексу представлені серпентинітами рудовмісними, амфіболізованими, мусковітизованими, з окремими дрібними зернами ортопіроксену.

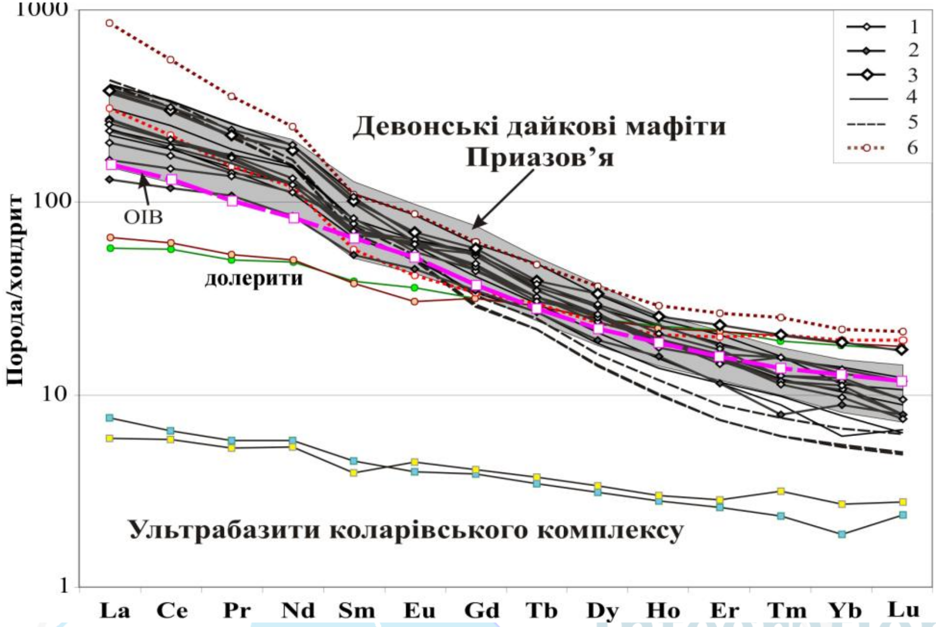


***Рисунок 1.*** *Розподіл РЗЕ в дайкових мафітах Приазов'я: 1 – девонські мафіти ПКМ (нові дані); 2 – 35-348,1; 3 – 34-187,9 2; 4 – дайкові мафіти ПКМ за (Сазонова и др., 2019); 5 – кімберліти Новоласпи за (Юткина и др., 2004); 6 – камптоніти Хлібодарівського та порфірові мікрогаброїди Дмитрієвського кар'єрів (нові дані). Поле девонських дайкових мафітів Приазов'я включає пікрити Стили та базальти Кальміуського за (Сазонова и др., 2019).*

За характером розподілу РЗЕ в дайкових породах Приазов'я виділяються таки групи:

1. Група мафітових девонських дайкових порід Приазов'я. За характером розподілу РЗЕ девонські мафіти ПКМ, Кальміуського та Стили (за даними (*Сазонова и др., 2019)*) подібні між собою (рис.1). Поля базальтів Кальміуської площі і пікритів Стили не відокремлюються. Для мафітів групи характерне різке фракціонування. Європієва аномалія невиражена, що свідчить про слабке фракціонування плагіоклазу. Сума РЗЕ та $(La/Yb)_N$ для нових даних варіюють в широких межах (182,2-443,9 ppm та 12,3-39,7 відповідно), що свідчить про геохімічну неоднорідність девонських дайкових порід ПКМ. На мультикомпонентній діаграмі поля пікритів Стили та базальтів Кальміуського відокремлюються одне від одного, криві дайкових порід ПКМ в області LREE потрапляють в поле пікритів, в області HREE – в поле базальтів з деякими відхиленнями (рис. 2).

2. Ультрабазити коларівського комплексу різко відрізняються від усіх інших дайкових порід Приазов'я збідненням на РЗЕ та слабким фракціонуваннями. Сума РЗЕ = 12,0-12,7 ppm, $(La/Yb)_N$ = 2,2-4,0; європієва аномалія відсутня.

3. Долеритам притаманне менше фракціонування в порівнянні з девонськими дайковими породами. За даними (*Юткина и др., 2017*) сума РЗЕ дорівнює 108,4-113,3 ppm, $(La/Yb)_N$ = 3,2-3,5. Спостерігаються Th-Nb мінімум та К максимум, які не характерні для переважної більшості дайкових порід Приазов'я (рис. 2). Th-Nb мінімум наявний тільки в мікропіроксеніті ПКМ (35-347,5).

4. Для кімберлітів Новоласпи за (*Юткина и др., 2004*) характерно різке фракціонування і найнижчі значення HREE (рис. 1). Сума РЗЕ = 406,8-437,3 ppm,

$(La/Yb)_N$ = 65,2-75,1. Це дайкові породи з найбільшим рівнем фракціонування в Приазов'ї.

5. Каптоніти Хлібодарівського кар'єру: сума РЗЕ = 747,1 ppm – це найвище значення з відомих на цей час для дайкових порід Приазов'я, $(La/Yb)_N$ = 39,0. На них дещо схожий мікродіорит ПКМ (34-187,9 2) – сума РЗЕ = 431,7 ppm, $(La/Yb)_N$ = 20,1.

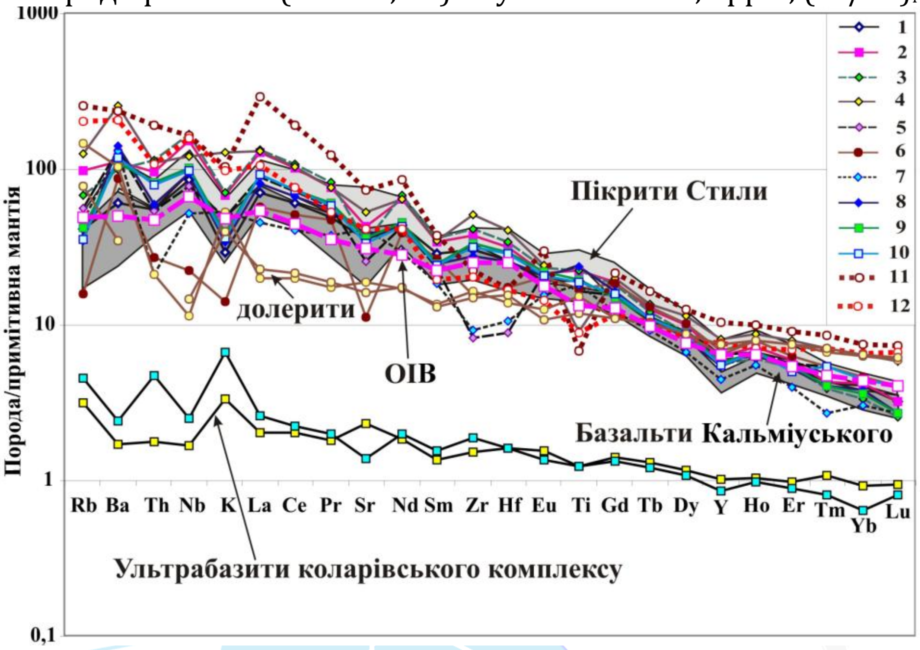


*Рисунок 2. Мультикомпонентна діаграма для дайкових порід Приазов'я. Умовні позначки 1-12 відповідають опису в тексті.*

## Висновки.

1. Найвищий вміст рідкісних елементів серед нових досліджених дайкових порід Приазов'я притаманний камптонітам Хлібодарівського кар'єру. Для цих порід характерне різке фракціонування з суттєвим переважанням легких елементів, вміст яких в сотні, а важких – в десятки разів переважає хондритовий. За характером розподілу рідкісних елементів до цих камптонітів подібні дайкові породи Дмитріївського кар'єру та порфірові мікродіорити ПКМ.

2. Найнижчий вміст РЗЕ та слабке фракціонування в ультрабазитах коларівського комплексу. Вміст Y-Lu дорівнює чи нижчій за такий примітивної мантії.

3. Основними особливостями розподілу мікроелементів в девонських дайкових породах ПКМ є різке фракціонування з суттєвим переважанням LREE, відсутність Eu аномалії, максимуми Ba, Nb, La-Ce, Nd, Ti (окрім діориту). Мінімуми К, Sr, локальний – Y. У декількох породах проявлений глибокий Zr-Hf мінімум, нехарактерний для інших дайкових порід Приазов'я. Взагалі, при збереженні загальної тенденції розподілу, дайкові породи ПКМ є досить неоднорідними за вмістом мікроелементів. Ці неоднорідності хімічного складу не завжди однозначно корелюють з петрографічним складом порід.

## Список використаних джерел:

Сазонова Л.В., Носова А.А., Юткина Е.В. и др. [2019] Генезис и эволюция мантийных расплавов девонских мафит-ультрамафитовых пород Восточного Приазовья (Днепрово-Донецкий рифт, Украина) по данным изучения геохимии клинопироксена // Петрология. – Т. 27. – № 6. – С. 690–714.

Юткина Е.В., Кононова В.А., Богатиков О.А. и др. [2004] Кимберлиты Восточного Приазовья (Украина) и геохимические характеристики их источников // Петрология. – Т. 12. – № 2. – С. 157–175.
Юткина Е.В., Носова А.А., Сазонова Л.В. и др. [2017] Девонские вулканиты Воронежского кристаллического массива, Восточно-Европейская платформа: эволюция расплавов и особенности коровой контаминации // Петрология. – Т. 25. – № 3. – С. 233-264.

# NEW DATA ABOUT REE-APATITES AT THE CHERNIHIVKA CARBONATITE COMPLEX (AZOV REGION)

***Dubyna O.V.***[1,2]***, Kryvdik S.G.***[1]***, Vyshnevskyi O.A.***[1]

[1]*M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine, Kyiv, kryvdik@ukr.net*
[2]*Institute of Geology Educational-scientific institute "Institute of Geology" Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, dubyna_a@ukr.net, vyshnevskyy@i.ua*

***New data about REE-apatites from ringites and tveitosite-pyroxenites of Chernihivka carbonatite complex are presented. These apatites are characterized by high REE$_2$O$_3$ (up to 12 wt.% and more) and SiO$_2$ contents. Incorporation of these elements in apatite structure is occur previously by substitution Ca[PO$_4$]$^{-1}$→REE[SiO$_4$]$^{-1}$. During crystallization of ringites and tveitosite-pyroxenites REE-apatites were metastable phases crystallization of which are accompanied by decomposition of solid solutions with the release of britholite phase and subsequent subsolidus transformations and replacement of britholite by bastnäsite-(Ce). The conditions of REE-apatite crystallization from ringites and tveitosites were distinguish from such in most silicate and carbonate rocks of Chernihivka complex and probably be due to high alkalinity of melt, elevated CO$_2$ content but "dryness" of fluids relatively to H$_2$O.***

# НОВІ ДАНІ ПРО REE-АПАТИТ ЧЕРНІГІВСЬКОГО КАРБОНАТИТОВОГО КОМПЛЕКСУ (ПРИАЗОВ'Я)

***Дубина О.В., Кривдік С.Г., Вишневський О.А.***

**Introduction**. The results of microprobe studies of rare earth apatites (REE-apatite) from melanocratic rocks (tveitosite-pyroxenites) of Chernihivka carbonatite complex are presented. They are continuation of previous researches (*Kryvdik et al., 1990; Vorobiev, 2000; Dubyna et al., 2012*). The presented results were obtained on two samples, one of which (1545/749) is a typical tveitosite-pyroxenite, and the second (1502/749) - melanocratic rock, which consists mainly of two minerals – aegirine-enriched diopside (70-80%) and calcite (up to 10-25%) with a subordinate (up to 10%) amount of REE-apatite. This rock differs from both typical ringites (absence of alkaline feldspar) and tveitosite-pyroxenites (high content of calcite). Both studied rocks are drilled by the same borehole (749) where they alternate with ringites and tveitosite-syenites.

The **aim** purpose of this research is to clarify the composition of REE-apatites and their solid solutions (exolution inclusions) as well as subsolidus transformations of this mineral.

**Petrography and mineralogy**. Apatite in both studied samples as visually as well in thin sections and in BSE are similar or almost identical to those grains that had previously studied in ringites and tveitosite-pyroxenite, although the studied samples have a slightly different bulk mineral composition. Sample 1545/749 is a medium-grained melanocratic rock, which consists mainly of acmite-bearing pyroxene with subordinate amount of apatite (~ 3%), feldspar (5-10%) and calcite (~ 6%). Chemical composition of the rock (wt.%): 48.52 $SiO_2$; 0.24 $TiO_2$; 3.3 $Al_2O_3$; 0.82 MnO; 7.15 MgO; 19.2 CaO; 2.8 $Na_2O$; 0.88 $K_2O$; 1.2 $P_2O_5$; 2.8 $CO_2$; 0.1 F; 0.25 $H_2O^-$; 0.5 LOI; total 99.17. The second sample (1502/749) is also a substantially medium-grained pyroxene rock that slightly more enriched of calcite (up to 10-25%) and apatite (~ 10%) but alkali feldspar was not observed. The chemical composition of this rock is not investigated. Thus both rocks can be named tveitosite-pyroxenites (the first of them is typical, and the second - with a high content of calcite, consequently intermediate composition between tveitosite-pyroxenites and melanocratic sövites).

The investigated apatite grains have size from 0.1-0.2 to 1 mm and most often contain inclusions of bastnäsite-(Ce), sometimes quartz, calcite, occasionally hematite or monazite. Optically homogeneous apatite crystals are less common. By shape they are similar to apatites in carbonatites and often they are with rounded edges. Quite often in the external parts of apatite much larger grains of bastnäsite-(Ce) (to 0,1-0,2 mm) are allocated. It should be noted that in other rocks of Chernihivka complex separate grains of rare-earth fluorcarbonates (as well as fluorite) were not observed.

Inclusions of exsolved bastnäsite-(Ce) in flourapatites have various forms (isometric, amoeba-like, linear-elongated, etc.). Even in adjacent grains of flourapatite, they can have different sizes and "pattern" of their distribution (Fig. 1-3). In thin sections such bastnäsite-(Ce) inclusions have simultaneous extinction and consequently the same crystallographic orientation. Most of apatite grains with fine, regularly oriented exolution inclusions of bastnäsite-(Ce) form specific textural patterns, which are in some way similar to granophyre or mirmekite (Fig. 1, 3).

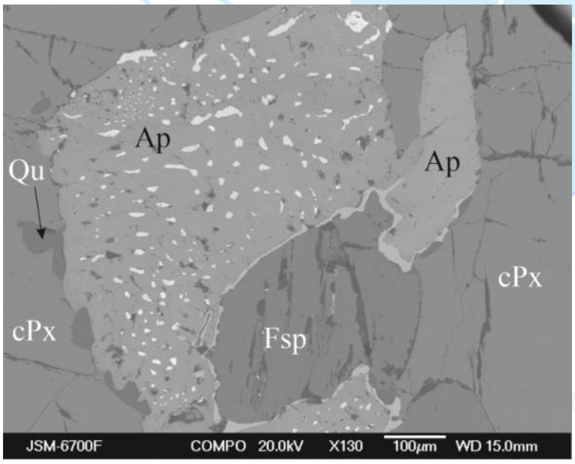


***Figure 1.*** *BSE image intergrowths of two fluorapatite (Ap) in one of them (right) inclusions are not manifested, and left grain is saturated fine bastnäsite-(Ce) (Bst). Between alkaline feldspar (Fsp) and fluorapatite thin rim of allanite-(Ce) is present.*

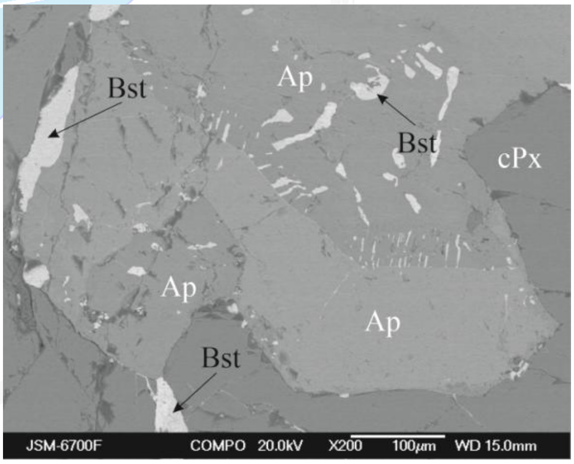


***Figure 2.*** *BSE image intergrowth of two fluorapatite (Ap) crystals with different amounts of exolution bastnäsite-(Ce) (Bst). On the margin of the left apatite grain is an elongated inclusion of bastnäsite-(Ce).*

**Compositional variation**. Apatites, as was mentioned in our previous studies, have heterogeneous distribution of REE. Previously, in REE-apatite concentrates 7.3-8.15 wt.% $REE_2O_3$ and 2.5-2.8 wt.% $SiO_2$ ($HNO_3$ soluble) were determined by chemical analysis, while microprobe studies showed significant scattered of their content: in apatite's matrix $REE_2O_3$ content from 4.6 to 12.5 wt.%, in some "light" areas – 56% $REE_2O_3$ and 21.1 wt.% $SiO_2$

*(Kryvdik, Tkachuk, 1990; Kryvdik et al., 1990).* The last are obviously presented by britholite phase.

In fluorapatite matrix from the investigated tveitosite-pyroxenite the maximum content of $REE_2O_3$ and $SiO_2$ was 12.18 and 4.22 wt.%, respectively, which is corresponds to 20-25% of britholite component. The main REE is cerium which takes from 50 to 60% of total sum of REE (La, Ce, Nd). The content of Nd in most cases is about twice less than La. Similar results of REE-apatites investigation from tveitosite-pyroxenites and ringites had obtained earlier *(Dubyna et al., 2012).* Note that in Na-enriched REE-apatites from beforsite content of La and Nd is almost the same *(Dubyna et al., 2012).*

As mentioned earlier, the REE and $SiO_2$ content is generally higher in homogeneous areas of apatite grains, although this is not always true. It is possible that areas or individual grains of flourapatite with a moderate content of $REE_2O_3$ (up to 8 wt.%) and $SiO_2$ (up to 3 wt.%) did not undergo the decomposition with solid solutions generation. Earlier *(Dubyna et al., 2012)* it was concluded that in primary fluorapatites (with homogeneous textures) the content of $REE_2O_3$ and $SiO_2$ was 10-13 and 3-5 wt.%, respectively. It seems that taking into account individual areas of britholitic composition, in the unchanged matrix of fluorapatites content of REE and Si could be slightly higher and reach the same values (7 wt.% $SiO_2$ and 20 wt.% $REE_2O_3$) as in apatite from syenites of the Ilimaussaq massif *(Ronsbo, 2008).* By our data, there is a clear positive correlation between $REE_2O_3$ and $SiO_2$ content from studied fluorapatites. Interesting feature of fluorapatite is increased or high content of SrO (1,4-3,4, sometime 4,2 wt.%) as well as high SrO content in calcites (up to 5.9 wt.% SrO). However in new samples content of SrO in calcites don't exceed 0.5% although ppreviously *(Dubyna et al., 2012)* 2.41 wt.% SrO was detected in calcite with strontianite inclusions from ringite.

*Bastnäsite-(Ce)* is characterized by a similar chemical composition in both small inclusions in the central parts as well larger ones along the edges of apatite grains or their intergowths (Fig. 2, 3). Calculated composition of bastnäsite-(Ce) is close to the theoretical composition of $CeCO_2F$ with ratio of $Ce_2O_3 : CO_2 : F$ is 74.9 : 20.08 : 8.67 and ratio of La and Nd is close to 2 : 1 and similar to fluorapatite. Increased or high SrO content is somewhat unusual, especially in sample 1545/749 (from 1.1 to 9, even 11 wt.%). At the same time in large inclusions of bastnäsite-(Ce) from 8.3 to 9.7 wt.% SrO are contained. It is possible that such high SrO content is due to presence of nanoscale inclusions of Sr-rich mineral (strontianite) since these grains are heterogeneous.

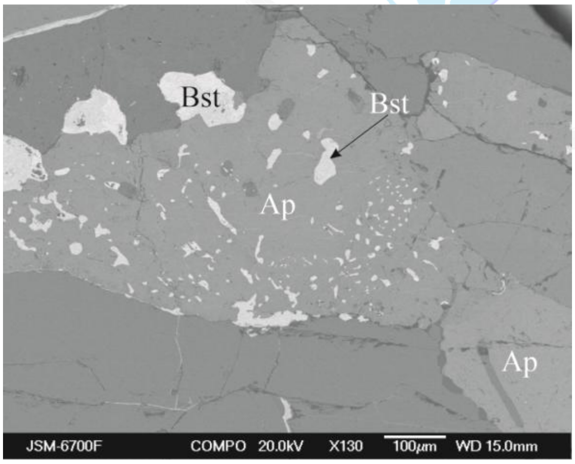


***Figure 3.*** *BSE image of fluorapatite (Ap) with inclusions of bastnäsite-(Ce) different in size.*

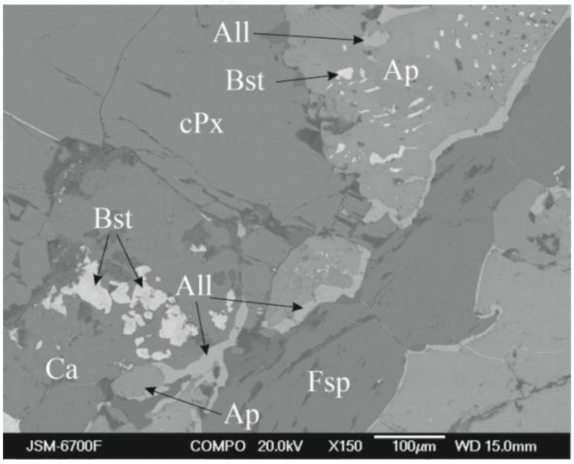


***Figure 4.*** *BSE image of complex intergrowth of fluorapatite (Ap), bastnäsite-(Ce) (Bst), calcite (Ca) and silicates with the formation of reaction rim of allanite-(Ce) (All). Fine allanite-(Ce) inclusions are presented in fluorapatite matrix too.*

The minimum of SrO content in bastnäsite-(Ce) in sm. 1545/749 is on level 1.1-1.4 wt.% and sm. 1502/749 0.12-0.76 wt.%. The latter value are similar to data from previously studied bastnäsite-(Ce) *(Dubyna et al., 2012)* and probably corresponds of SrO content in the bastnäsite-(Ce) itself.

Of the other rare-earth minerals in sm. 1545/749 was found *allanite-(Ce)* as reaction rim at the contact of fluorapatite and feldspar (Fig. 1, 4). Occasionally allanite-(Ce) inclusions are observed in fluorapatite matrix (Fig. 4). Interestingly, allanite-(Ce) has an even lower content of $Nd_2O_3$ relative to $La_2O_3$ and almost equial content of $La_2O_3$ and $Ce_2O_3$ (Table). That is the spectrum of rare earths in allanite-(Ce) is different from that in fluorapatite and bastnäsite-(Ce). Allanite-(Ce) contains an increased content of MgO (1.2-1.6 wt.%). In the calculated formulas approximately the same quantity of Al and Fe are presented and sum of Ca + REE is about 2.0 p.f.u. where Ca: REE ratio is close to 1: 1. It should be noted that in some tveitosite-pyroxenites allanite-(Ce) is observed as an separate grains (in association with apatite), and its content can reach 20-25% (the $REE_2O_3$ content in rock 5.5 wt.%) *(Kryvdik, Tkachuk, 1990).*

**Discussion.** In view of mentioned above petrographic and mineralogical features of tveitosite-pyroxenites and ringites these are referred to rocks of intermediate composition between syenites and "pyroxenites" or between syenites and carbonatites. Despite on "normal" mineral composition, these rocks are untypical in petrological and geochemical aspects. So they do not have typical for other rocks Chernigivka complex silicates with $(OH)^-$ anions (mica, amphibole). Reaction rims of allanite-(Ce) in ringites are exception. However, it is possible that in this allanite-(Ce) some part or all $(OH)^-$ anions may be replaced by fluorine. Based on mineral composition of rocks (pyroxene, fluorapatite, calcite, alkaline feldspar), the main volatile components during crystallization of these rocks were $CO_2$ and F by negligible $H_2O$ content. It is possible that such "dry" conditions of fluids and caused the specific composition of fluorapatite (with a high $REE_2O_3$ and $SiO_2$ contents, respectively). As shown by ICP MS data from one samples of ringite, it has on the one side an unusually low concentration of typical trace-elements for carbonatites: Nb (5.9 ppm), Ta (0.3 ppm), Zr (33.5 ppm), Hf (1.0 ppm) and high concentrations of REE (0.76 wt.%) and Sr (1.51 wt.%) on the other side.

**Conclusions**. Such rare and unusual for Chernihivka carbonatite complex rocks as ringites and tveitosite-pyroxenites are characterized by the presence of REE-apatites with high $REE_2O_3$ content (up to 12 wt.% and more) and $SiO_2$. Incorporation of these elements in apatite is occur by substitution $Ca[PO_4]^{-1} \rightarrow REE[SiO_4]^{-1}$.

By the microprobe studies presented in this article and earlier investigations, it can be inferred that REE-apatites were metastable phases crystallization of which are accompanied by decomposition of solid solutions with the release of britholite phase and subsequent subsolidus transformations and replacement of britholite by bastnäsite-(Ce).

The conditions of REE-apatite crystallization were distinguish from such in most rocks of Chernihivka carbonatite complex (carbonatites, ijolite-melteigites, pyroxenites, syenites and nepheline syenites), and could be due to "dryness" of fluids relatively to $H_2O$ and high alkalinity in the process of ringites and tveitosites forming.

## References

Dubyna O.V., Kryvdik S.G., Sobolev V.B. [2012] Isomorphism in TR-apatites of Chernigivka carbonatitic massif. Mineral. Journ. (Ukraine). – № 3. – P. 22-33. (in Ukrainian)

Vorobiev E.I. [2000] Polyphase decay of apatite. Geochemistry (Russian). – № 5. – P. 661-664. (in Russian)

Kryvdik S.G., Legkova G.V., Egorova L.N. [1990] Britolite as a decomposition product in rare earth apatite. Mineral. Journ. (Ukraine). – № 4.– P. 92-99. (in Russian)

Kryvdik S.G., Tkachuk V.I. [1990] Petrology of alkaline rocks of the Ukrainian Shield. – Kyiv: Naukova Dumka. – 407 p. (in Russian)

Ronsbo J.G. [2008] Apatite in the Ilimaussaq alkaline complex: occurrence, zonation and composition variations. Lithos. – 106. – P. 71-82.

# УРАНОНОСНОСТЬ ТЕРРИТОРИИ УКРАИНЫ В ВЫСОКОРАНГОВОЙ СТРУКТУРЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ВРЕМЕНИ

***Земсков Г.А., Яценко В.Г.***

*ГУ «Інститут геохимии окружающей среды НАН Украины» Киев, vgyatsenko@gmail.com*

***The author's version of the high-ranking structuring of the geological time of the formation of the geological space of Ukraine is considered. Against this background, the uranium content is analyzed. The regularities revealed in this way are proposed to be used in the complex of forecast-metallogenic recommendations for the development of the mineral resource base of Ukraine for uranium.***

# URANIUM METALLOGENY OF THE UKRAINIAN TERRITORY IN THE HIGH-RANGE STRUCTURE OF GEOLOGICAL TIME

***Zemskov G.A., Yatsenko V.G.***

**Вступление. Проблема и актуальность ее решения.** Доля атомной энергетики Украины в общем производстве электроэнергии страны составляет около 50%. Поэтому все элементы этой отрасли, обеспечивающие ее устойчивое функционирование, включая состояние минерально-сырьевой базы (МСБ) на уран, могут быть охарактеризованы в качестве объектов стратегического внимания государства.

Украина обладает значительными запасами урановых руд. Вместе с тем, подавляющая их часть попадает в разряд бедных и рядовых с относительно дорогостоящими технологиями обогащения и извлечения полезного компонента. В этой связи актуальность прогнозно-геологических и поисковых работ, нацеленных на выявление месторождений более высокого качества, не должна вызывать сомнений. В плане научного сопровождения эта проблема может решаться, в том числе, через проведение исследований металлогенического направления. Кроме общих работ, проведенных в рамках НАН Украины (Н.П. Семененко, Н.П. Щербаком, А.Н. Пономаренко, Я.Н. Белевцевым и другими), где они отражают решение вопросов геохронологии и рудообразования преимущественно докембрия, следует особо отметить исследования, непосредственно касающиеся рассматриваемой проблемы, проведенные в рамках КП «Кировгеология» и УкрДГРИ. Вероятно, к такого рода работам следует также отнести исследования, выполненные в ГУ "ИГОС НАН Украины" *(Земсков, Яценко, 2010 и др.)*, назначение которых – поиск новых закономерностей в развитии ураноносности на территории Украины через целостный охват геологического времени. Настоящий доклад – предварительные итоги этих исследований.

**Фактический материал и методология исследований.** Характер предмета исследования предполагает использование эмпирического материала в виде обобщенных данных, почерпнутых преимущественно из следующих открытых источников: периодической печати, совещаний и конференций, монографических исследований. Их далеко не полный перечень приводится ниже. В методологическом отношении рассматриваемая работа включает в себя два аспекта измерения: высокоранговую часть геологического времени и ураноносность конкретного геологического пространства. Исследование геологического времени проведено с позиций концепции пульсационного развития Земли (Е.Е. Милановский, П.Н. Кропоткин и др.).

Представляется, что геодинамический режим "расширение-сжатие" общей массы Земли предопределяет разномасштабную циклическую упорядоченность геологических явлений. Структурирование геологического времени базируется на «циклах Бертрана» и «циклах Вилсона» *(Хаин, 2000 и др.)* с соблюдением определенных условий *(Земсков, Яценко, 2010)*.

Используемые здесь параметры ураноносности базируются на опубликованных данных всех причастных к этой проблематике организаций *(Этапы…, 1996; Генетические…, 1995 и др.)*.

**Результаты и их обсуждение.** Полученные результаты сконцентрированы в Рис.1.

Исследования показывают, что полученный таким образом модельный вариант циклообразования впоєне удовлетворительно сопоставляется с крупномасштабными геологическими явлениями региона *(Земсков, Яценко, 2010)*. Это касается как датировок границ циклов и их тектоно-динамического содержания, так и аспекта событийного наполнения (структурообразование, осадконакопление, метаморфизм, магматизм, рудогенный процесс).

Хотя общий механизм геологического развития региона безусловно не исчерпывается чисто циклическими процессами, тем не менее, как показывают исследования, собственно эволюционный процесс, отражающий "принцип развития", неразрывно связан с явленим геоцикличности, обнаруживая здесь долгопериодическое измерение, близкое к двойным циклам Вилсона в виде наиболее крупных последовательно сменяющих друг друга мегахрон, разделяемых важнейшими геоисторическими рубежами на уровне 5,0–3,4–1,8–0,2 млрд лет. В значительной мере это проявляется в этапности корообразования, метаморфизма, гранитизации и рудообразования *(Земсков, Яценко, 2010)*.

Анализ полученной на таком фоне картины ураноносности (Рис.1) дает возможность: (1) рассмотреть общую схему урановорудного процесса во всем диапазоне шкалы геологического времени, (2) выделить специализированные на уран металлогенические категории (ряды уранових месторождений, металлогенические эпохи, металлогенические этапы, металлогенические периоды и мегапериоды), (3) показать главные геодинамические рубежи формирования урановорудных объектов, (4) поставить вопрос о возможном существовании в регионе других (пока не известных) уранпродуцирующих цикло-геодинамических рубежей.

**Выводы.** Таким образом, помимо чисто теоретического компонента, здесь можно видеть следствия прикладного характера. Так, выявленные в процессе металлогенического анализа четкая приуроченность всех урановых месторождений к циклогеодинамическим рубежам и неполнота их вертикальних рядов дает возможность предположить локализацию урановорудного процесса также на других (пока «безрудных») геодинамических метках мегациклической системы. Иначе говоря, по результатам настояних исследований возникают дополнительные теоретические предпосылки расширения направленных поисковых работ и, как следствие, возможного улучшения структуры минерально-сырьевой базы Украины по урану.

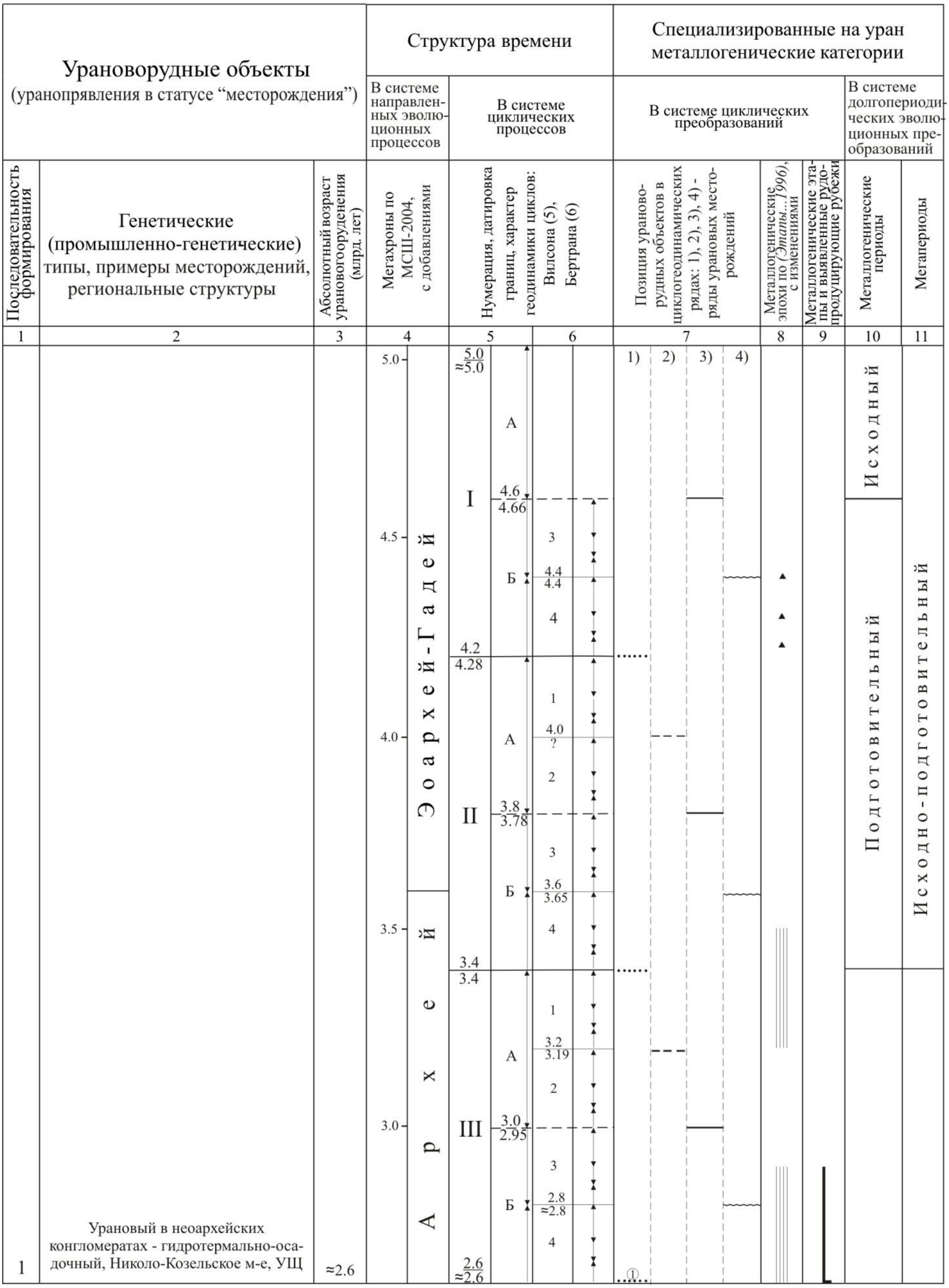
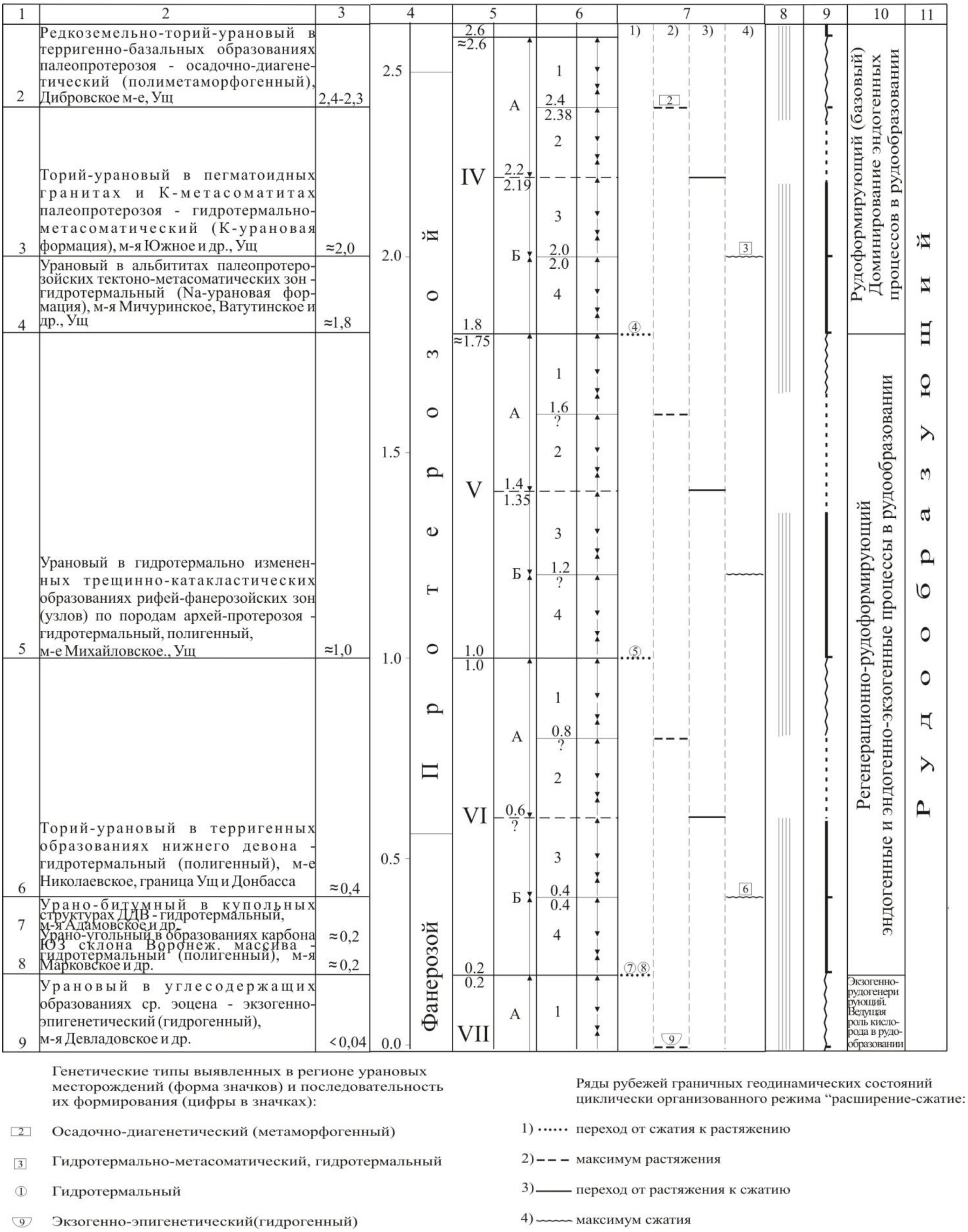

Урановорудные объекты
(уранопрявления в статусе “месторождения”)
Структура времени
Специализированные на уран металлогенические категории
В системе направленных эволюционных процессов
В системе циклических процессов
В системе циклических преобразований
В системе долгопериодических эволюционных преобразований
Последовательность формирования
Генетические (промышленно-генетические) типы, примеры месторождений, региональные структуры
Абсолютный возраст урановооруденения (млрд. лет)
Мегахроны по МСШ-2004, с добавлениями
Нумерация, датировка границ, характер геодинамики циклов: Вилсона (5), Бертрана (6)
Позиция урановорудных объектов в циклогеодинамических рядах: 1), 2), 3), 4) - ряды урановых месторождений
Металлогенические эпохи по (Этапы...1996), с изменениями
Металлогенические этапы и выявленные рудопродуцирующие рубежи
Металлогенические периоды
Мегапериоды
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
5.0
4.5
4.0
3.5
3.0
Эоархей-Гадей
Архей
≈5.0/≈5.0
I
4.6/4.66
4.2/4.28
II
3.8/3.78
3.4/3.4
III
3.0/2.95
2.6/≈2.6
А
Б
А
Б
А
Б
3
4.4/4.4
4
1
4.0/?
2
3
3.6/3.65
4
1
3.2/3.19
2
3
2.8/≈2.8
4
1)
2)
3)
4)
①
Исходный
Подготовительный
Исходно-подготовительный
1
Урановый в неоархейских конгломератах - гидротермально-осадочный, Николо-Козельское м-е, УЩ
≈2.6

***Рисунок 1.*** *Ураноносность Украины в высокоранговой структуре геологического времени.*



| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|
| 2 | Редкоземельно-торий-урановый в терригенно-базальных образованиях палеопротерозоя - осадочно-диагенетический (полиметаморфогенный), Дибровское м-е, Ущ | 2,4-2,3 |
| 3 | Торий-урановый в пегматоидных гранитах и К-метасоматитах палеопротерозоя - гидротермально-метасоматический (К-урановая формация), м-я Южное и др., Ущ | ≈2,0 |
| 4 | Урановый в альбититах палеопротерозойских тектоно-метасоматических зон - гидротермальный (Na-урановая формация), м-я Мичуринское, Ватутинское и др., Ущ | ≈1,8 |
| 5 | Урановый в гидротермально измененных трещинно-катакластических образованиях рифей-фанерозойских зон (узлов) по породам архей-протерозоя - гидротермальный, полигенный, м-е Михайловское., Ущ | ≈1,0 |
| 6 | Торий-урановый в терригенных образованиях нижнего девона - гидротермальный (полигенный), м-е Николаевское, граница Ущ и Донбасса | ≈0,4 |
| 7 | Урано-битумный в купольных структурах ДДВ - гидротермальный, м-я Адамовское и др. | ≈0,2 |
| 8 | Урано-угольный в образованиях карбона ЮЗ склона Воронеж. массива - гидротермальный (полигенный), м-я Марковское и др. | ≈0,2 |
| 9 | Урановый в углесодержащих образованиях ср. эоцена - экзогенно-эпигенетический (гидрогенный), м-я Девладовское и др. | <0,04 |

4
5
6
7
8
9
10
11
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
Протерозой
Фанерозой
2.6
≈2.6
IV
2.2
2.19
1.8
≈1.75
V
1.4
1.35
1.0
VI
0.6
?
0.2
VII
А
Б
1
2
3
4
2.4
2.38
2.0
1.6
1.2
0.8
0.4
1)
2)
3)
4)
④
⑤
⑦⑧
Рудоформирующий (базовый) Доминирование эндогенных процессов в рудообразовании
Регенерационно-рудоформирующий эндогенные и эндогенно-экзогенные процессы в рудообразовании
Экзогенно-рудогенерирующий. Ведущая роль кислорода в рудообразовании
Рудообразующий

Генетические типы выявленных в регионе урановых месторождений (форма значков) и последовательность их формирования (цифры в значках):

- 2 Осадочно-диагенетический (метаморфогенный)
- 3 Гидротермально-метасоматический, гидротермальный
- ① Гидротермальный
- 9 Экзогенно-эпигенетический(гидрогенный)

Ряды рубежей граничных геодинамических состояний циклически организованного режима “расширение-сжатие:

1) ······ переход от сжатия к растяжению
2) – – – максимум растяжения
3) ——— переход от растяжения к сжатию
4) ~~~~ максимум сжатия

*Окончание* ***Рисунка 1.***

## Список использованных источников

Генетические типы и закономерности размещения уранових месторождений Украины [1995] / Отв.ред. Я.Н.Белевцев, В.Б.Коваль. – Киев: Наук.думка. – 397 с.

Земсков Г.А., Яценко В.Г. [2010] Фактор времени при формировании урановорудных объектовУкраины / Стратегические минеральные ресурсы Украины для ядерной энергетики. – Киев: Логос.– С. 213 – 231.
Земсков Г.А., Яценко В.Г. [2010] Мегацикличность – базовый критерий структуризации геоисторического развития юго-западной части Восточно-Европейской платформы // Тез. докл. Международной науч.-практич.конференции (31.05-04.06.10, г.Киев). – Киев: УкрГГРИ. – С.78-81.
Хаин В.Е. [2000] Крупномасштабная цикличность в тектонической истории Земли и ее возможные причины // Геотектоника. – №6. – С.3-14.
Этапы геологического развитя и металлогеническое районирование территории Украины по урану [1996] / Анисимов В.А. и др. // Геол. журн. – №3-4. – С.70-77.

---

## DONBAS VOLCANOGENIC TONSTEINS AND THEIR ROLE IN THE FORMATION OF THE PETROGRAPHIC COMPOSITION OF COALS

***Ivanova A.V., Zaitseva L.B.***

*Institute of Geological Sciences, NAS of Ukraine, Kyiv,*
*ariadna.v.ivanova@gmail.com*

***In the present work, the role of tonsteins in the formation of the petrographic composition of adjoining coals is analyzed using the example of the $c_{11}$ coal seam of the Lower Carboniferous deposits of the Western Donbas. Comparison of the weighted average contents of vitrinite (in %) for the coal patches located under and above the tonsteins showed the absence of any regularity in the distribution of microcomponents in the coal. The role of tonsteins in the formation of the petrographic composition of the coals of certain deposits should be assessed taking into account the specific conditions of the accumulation of paleo-peat bogs.***

## ВУЛКАНОГЕННІ ТОНШТЕЙНИ ДОНБАСУ І ЇХ РОЛЬ У ФОРМУВАННІ ПЕТРОГРАФІЧНОГО СКЛАДУ ВУГІЛЛЯ

***Іванова А.В., Зайцева Л.Б.***

**Introduction.** The study of tonsteins, clay layers of kaolinite composition in coal seams, is important for solving a number of problems of coal geology, in particular, their use as stratigraphic benchmarks, in the study of the morphology of coal seams, for the restoration of paleogeographic and paleotectonic conditions of their formation. When predicting the quality of coal, it is very important to solve the problem of the role of tonsteins in the formation of the material-petrographic composition of coals and their geochemical features.

The purpose of this study is to reconstruct the conditions of sedimentary and peat accumulation in the Early Carboniferous era in the Western Donbas in order to establish the role of tonsteins in the formation of the petrographic composition of the coals adjacent to them (on the example of $c_{11}$ seam).

**Characteristics of the research object.** Tonsteins in the coal seams of the Donbas Carboniferous deposits are found in the deposits of the lower, middle and upper sections of the Carboniferous. In the Lower Carboniferous deposits, they were found in strata $c_1$, $c^{н}_6$, $c_6$, $c_7$, $c^{н}_8$, $c^{в}_8$, $c_9^1$, $c^{н}_{11}$, $c_{11}$ (Western Donbas) (*Bushak, 2005; Leskevich, Savchuk, 1961; Uziyuk, 2016;*

*Chernovyants, 1992*). In the Middle Carboniferous sediments, tonsteins are found practically throughout the entire territory of Donbas. They were found in strata $g_1^4$, $g_2$, $h_{11}$ of the Baskirian Stage and $k_3$, $k_5^1$, $k_5^2$, $k_8^1$, $l_1$, $l_3$, $l_8^1$, $m_3$, $m_5$ of the Moscovian Stage (*Zaritskiy, 2012; Uziyuk, 2016; Uziyuk, Prokhorov, 1970; Chernovyants, 1992, etc.*). In the Upper Carboniferous deposits, the tonsteins were found in stratum $n_1$ (*Uziyuk, 2016; Uziyuk, Prokhorov, 1970*).

Tonsteins have a predominantly kaolinite composition with an admixture of mixed-layer clay minerals. The $Al_2O_3/SiO_2$ aluminum-silicon module for tonsteins from a number of mines in the Pavlograd-Petropavlivka region of the Western Donbas is close to the kaolinite norm (0.85), for layer $c_{11}$ it ranges from 0.61 to 0.85 (*Bushak, 2005*). The clastic part of the interlayers is represented by biotite, quartz, feldspars, zircon, and decomposed volcanic glass (*Chernovyants, 1992*). According to P.V. Zaritskiy (*Zaritskiy, 2012*), the tonsteins contain accessory minerals, the leading of which are zircon and apatite.

From the point of view of most researchers, the wide distribution of tonsteins over the basin area, the synchronicity of their formation with the formation of peat bogs, the constancy and consistency of geochemical and mineralogical-petrographic features over large areas, including the idiomorphism of zircon and biotite crystals, indicate their volcanic origin (*Zaritskiy, 2012; Uziyuk, Prokhorov, 1970; Chernovyants, 1992, etc.*). The idiomorphism of zircon crystals, according to P.V. Zaritskiy (*Zaritskiy, 2012*), indicates a one-act transfer of pyroclastic material transformed in situ into kaolinite in the acidic environment of the peat bog. The enrichment of a number of interlayers with the lightest micaceous minerals (up to 20-30%), as well as the poor spectrum and an insignificant amount of the heavy minerals fraction indicate a significant distance from the centers of the eruption (*Chernovyants, 1992*).

Volcanic ash was apparently transported from the North Caucasus. The presence of powerful volcanism in the Early and Middle Carboniferous is confirmed by the wide development of volcanogenic rocks in the Carboniferous deposits of the Caucasus Fore Range (*Geology..., 1968; Chernovyants, 1992*). No centers of volcanic activity were recorded on the territory of Ukraine in the Carboniferous, which could serve as a source of ash material *(Goyzhevsky, 1977)*. The $TiO_2/Al_2O_3$ ratio used to identify sources of volcanic ash (*Altered..., 2017)* indicates that the investigated tonsteins are formed from medium (stratum $c_{11}$) and felsic (strata $c_1$, $c^н_6$, $c^н_8$) igneous rocks.

**Analysis of previous studies.** The question of the influence of tonsteins on the petrographic composition of coal patches in contact with them was considered by Ya.E. Yudovich (*Yudovich, Ketris, 2015*) according to S.S. Crowley et al. (*Crowley et al., 1989*). S.S. Crowley et al. studied the effect of tonsteins on the maceral and chemical composition of the C coal seam of the Upper Cretaceous Emery deposit in Utah. According to their data, the coal samples taken above and below the tonsteins are characterized by the constancy and stability of the distribution of the main maceral groups. Inertinite macerals are generally more abundant in coal patches below the tonsteins. Vitrinitic macerals are more common in samples from coal patches overlying the tonsteins. Unlike vitrinites and inertinites, the content of liptinites does not depend on the position of coal in relation to the tonstein interlayer.

This distribution of microcomponents is explained as follows. The high content of inertinite in the coals below the tonstein is probably related to the conditions of poorly watered well-drained bogs that existed before the fallout of volcanic ash. After the fallout of ash material into the peat bog, which played the role of an aquiclude, the peat bog above the tonstein turned out to be more waterlogged, which led to its enrichment with gelified material (*Yudovich and Ketris, 2015; Crowley et al., 1989*).

**Factual material and research method.** To clarify the influence of tonsteins on the petrographic composition of the coal patches in contact with them, we examined the Lower Carboniferous deposits of the Western Donbas, the main coal content of which is associated with the Samara Formation $C_1^3$. Seams $c_1$, $c_5$-$c_{11}$ with an average thickness of 0.7-0.8 m are of industrial importance. Most of the layers are classified as thin and are characterized by constant distribution over the area. The top and bottom of the strata are mainly represented by mudstones and siltstones. The layers contain interlayers of mudstones (from 3-5 to 20 cm) and tonsteins up to 2-3 cm thick, which serve as marking horizons (*Ivanova et al., 2018*).

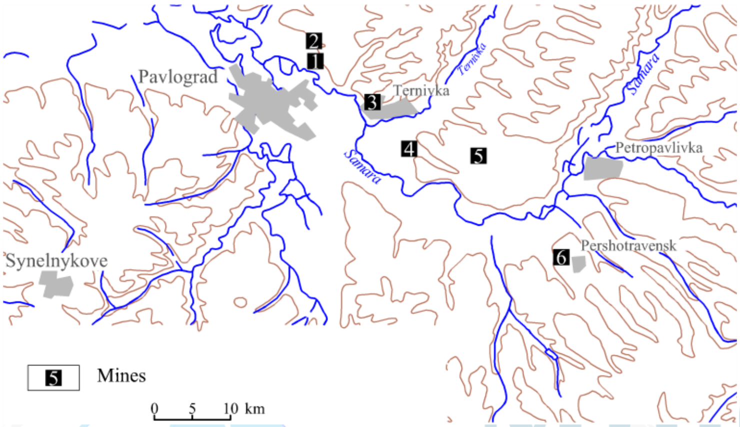


***Figure 1.*** *The factual material map. Mines: 1 – Blagodatna, 2 – Heroyiv Kosmosa, 3 – Ternivska, 4 – Samarska, 5 – Dniprovska, 6 – Pershotravneva.*

The organic matter of coal samples taken in a number of mines in the Pavlograd-Petropavlivka region (Heroyiv Kosmosa, Blagodatna, Ternivska, Samarska, Dniprovska, Pershotravneva mines) (Fig. 1) is represented by three groups of microcomponents: vitrinite, inertinite, and liptinite. The content of microcomponents of the vitrinite group is on average 52-58%. Vitrified microcomponents of the formation are mainly represented by vitrodetrinite and collotelinite. The content of fused micro-components is on average 20-30%. They are more often represented by semifusinite, fusinite and inertodetrinite. The average content of microcomponents of the liptinite group is 18-23%. The main role is played by sporinitis, represented by micro- and macroexinite (*Ivanova et al., 2018*).

To solve this problem, the materials of the layer-by-layer description of the $c_{11}$ seam coals, performed by T.A. Krivega in 1970 based on samples from the Heroyiv Kosmosa mine field were used. Based on the data on the thickness of the selected layers and on the content of vitrinite in them, the authors calculated for each well the weighted average content of vitrinite (in %) for the coal patches located under and above the tonsteins. The distribution of the weighted average contents of the groups of microcomponents is shown in Fig. 2.

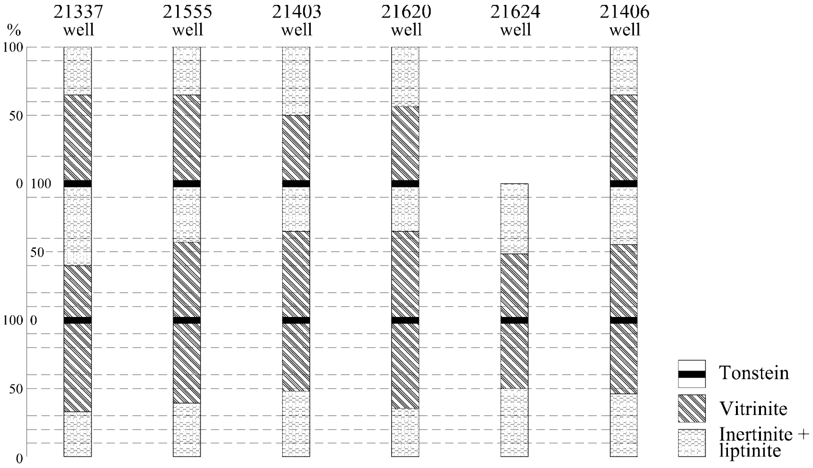


***Figure 2.*** *Percentage ratio of groups of microcomponents in coal patches of* $c_{11}$ *seam above and below the tonstein interlayers.*

It is the vitrinite content that was chosen as the dominant indicator of the influence of tonsteins on the petrographic composition of coal, since the contents of inertinite and liptinite in the coals of the Western Donbas are close by most estimates, in contrast to the coals considered by S.S. Crowley. In addition, coal seams of the Western Donbas differ not in one, but as a rule in two layers of tonsteins (lower and upper). The absence of the second tonstein interlayer in 21624 well is most likely associated with local processes.

**Results and their discussion.** Identified by S.S. Crowley pattern, that is, an increase in the content of vitrinite in the coal above the tonsteins, is confirmed for the coal patches adjacent to the upper tonstein in 21337, 21555, 21406 wells. The same pattern is preserved for the lower tonstein in 21403 well. In other cases, a decrease in the content of vitrinite is observed above the tonstein (21620 well, upper tonstein; 21337 well, lower tonstein) or its content above and below the tonstein is practically the same (21555, 21620, 21624, 21406 wells, lower tonstein).

Reconstruction of the conditions of peat accumulation of coals according to their microcomponent composition by the method of S.F.K. Diessel (*Diessel, 1986, 1992*) showed that the formation of coal of the $c_{11}$ seam took place in overgrown lakes, reed bogs, and in forest bogs from flooded to dry (Fig. 3).

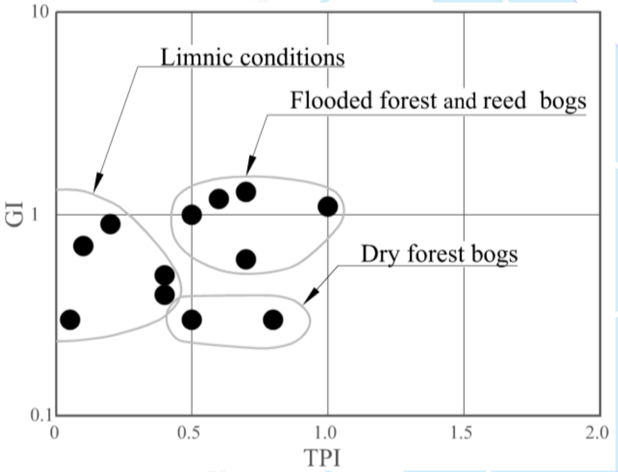


***Figure 3.*** *Diagram of peat accumulation conditions of $c_{11}$ seam. TPI – tissue preservation index (ratio of contents of the structural and nonstructural tissues), GI – gelification index (ratio of contents of the gelified and fusainized tissues).*

In flooded bogs and before the fallout of volcanic ash, conditions could have been created that would facilitate the gelification of plant material and, ultimately, the enrichment of coal with vitrinite. In the bogs, which continued to dry up even after the fallout of the ash, the water content could not reach the degree at which the processes of gelification in the paleo-peat bog above the tonsteins would have been more intensive than before the fallout of the ash.

**Conclusions.** The study of coal samples from the $c_{11}$ seam, taken above and below the interlayers of tonsteins, demonstrated the lack of uniformity in the distribution of groups of microcomponents. The weighted average content of vitrinite from the coal patches in contact with the tonsteins does not obey any regularity. Observed by S.S. Crowley et al. uniformity in the distribution of groups of microcomponents in the studied deposit reflects the peat accumulation conditions characteristic of this deposit and cannot be considered as a common pattern. The role of tonsteins in the formation of the petrographic composition of the coals of certain deposits should be assessed taking into account the specific conditions of paleo-peat bogs accumulation.

**References:**

Altered volcanic ashes in coal and coal bearing sequences: a review of their nature and significance / S. Dai, C.R. Ward, I.T. Graham, D. French, J.C. Hower, L. Zhao, X. Wang [2017] // Earth Science Reviews. – V. 175. – P. 44-74.

Bushak S.M. [2005] Application of tonsteins to coal seams correlation in Western Donbas // Tectonics and stratigraphy. – Issue 34. – P. 87-92 (in Ukrainian).

Chernovyants M.G. [1992] Tonsteins and their application when studying coal-bearing formations. – Moscow: Nedra. – 144 p. (in Russian).

Crowley S.S., Stanton R.W, Ryer T.A. [1989] The effects of volcanic ash on the maceral and chemical composition of the C coal bed, Emery Coal Field, Utah // Org. Geochem. – Vol. 14.– No. 3. – P. 315-331.

Diessel C.F.K. [1986] The correlation between coal facies and depositional environments // Advances in the study of the Sydney Basin (Proc. 20th. Symp.). – Newcastle: Univ. Newcastle. – P. 19-22.

Diessel C.F.K. [1992] Coal-Bearing Depositional Systems. – Berlin: Springer-Verlag. – 721 p.

Geology of the USSR. Geological description. V. 9. Part 1. North Caucasus / Ed. Andrushchuk V.L., Dubinsky A.Ya., Hain V.E. [1968] – Moscow: Nedra. – 760 p. (in Russian).

Goyzhevsky A.A., Naumenko V.V., Skarzhinsky V.I. [1977] Tectonic-magmatic activation of the regions of Ukraine. – Kiev: Naukova Dumka. – 120 p. (in Russian).

Ivanova A.V., Zaitseva L.B., Spirina O.I. [2018] Geotectonic regime of formation of the coal-bearing deposits in the Western Donets Basin (Ukraine) // Geological journal. – No.1. – P. 66-79.

Leskevich I.E., Savchuk S.V. [1961] Kaolinite in Lower Carboniferous coals of the Western Donbass // Reports of the Academy of Sciences of the USSR. – V.137. – No.5. – P. 1206-1208 (in Russian).

Uziuk V.I. [2016] Correlation features of coal seams of Carboniferous system of the Donets and Lviv-Volyn basins // Geology and geochemistry of combustible minerals. – No.1-2 (168-169). – P. 38-61 (in Ukrainian).

Uzyuk V.I, Prokhorov I.G. [1970] Possibility of using kaolin interlayers for stratigraphy and correlation of some coal layers in Krasnoarmiysky district of Donbas // Geology and geochemistry of combustible minerals. – Issue 22. – P. 97-102 (in Ukrainian).

Yudovich Ya. E., Ketris M. P. [2015] Inorganic substance of coals. – Moscow-Berlin: Direct media. – 423 p. (in Russian).

Zaritskiy P.V. [2012] Intercoal interlayers (tonstein or kaolinite) are products of volcanic ash transformation in the process of coalification (on the example of Donbass). Diagnosis of volcanic products in sedimentary strata: Proceeding Ros. sovshch. with intern. participation. Syktyvkar, IG Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. – P. 121-123 (in Russian).

# ЗАКОНОМІРНОСТІ ЛОКАЛІЗАЦІЇ УРАНОВОГО ЗРУДЕНІННЯ У ДОНО-ДНІПРОВСЬКІЙ ПОТЕНЦІЙНІЙ УРАНОВОРУДНІЙ ПРОВІНЦІЇ

***Калашник Г.А.***

*Льотна академія Національного авіаційного університету, Кропивницький,*
*kalashnik_anna1@ukr.net*

***The features of the deep structure of the lithosphere and their physical parameters that affect the conditions of intensive uranium ore genesis in the formation of the main geological industrial types of uranium deposits in the Dono-Dniprovska potential uranium-ore province were revealed. According to analysis of geological materials (uranium bearing, features of sedimentary-volcanogenic and, to a lesser extent,***

***crystalline rocks occurrence, variety of breaking tectonics at various levels of the geological section, groundwater circulation conditions, etc.) the most perspective for discovering of new uranium deposits horizons and strata assigned to uranium-bearing geological formation in this region were identified. Based on a joint analysis of the geological conditions of localization of uranium deposits, ore occurrences and manifestations of uranium mineralization, geological uranium-bearing formations, their prevalence and depth occurrence in the Dnieper-Donets aulacogen, the four most perspective for this region industrial types of uranium deposits have been identified.***

## PATTERNS OF URANIUM-ORE LOCALIZATION IN THE DONO-DNIPROVSKA POTENTIAL URANIUM-ORE PROVINCE

***Kalashnyk G.A.***

**Вступ.** Доно-Дніпровська потенційна урановорудна провінція характеризується відносно слабкою вивченістю на уран у порівнянні з Українським щитом (УЩ), за винятком складчастого Донбасу, не зважаючі на те, що вивченість на нафту і газ глибинним бурінням в цьому регіоні вважається однією з кращих у світі. Водночас ця урановорудна провінція є досить перспективною на виявлення нових родовищ урану, враховуючи насиченість мінералізованими об'єктами на слабо вивчених територіях і наявність передумов виявлення нових об'єктів вже встановлених типів промислового уранового зруденіння.

**Аналіз попередніх досліджень, формулювання проблеми та актуальність її вирішення.** В останні роки з'являється все більше доказів мантійної природи рудогенних компонентів при формуванні родовищ урану різного генезису *(Степанюк та ін., 2012).* Розглядаючи мантію як основне джерело рудогенних компонентів при формуванні крупних рудних концентрацій різної металогенічної спеціалізації на верхніх структурних поверхах земної кори, нами виявлено ряд глибинних чинників формування крупних родовищ урану на УЩ *(Калашник, 2015)*, визначені закономірності формування урановорудних метасоматитів в зв'язку з глибинною будовою літосфери *(Калашник, 2016)*. Також нами вивчені та визначені основні глибинні фактори металогенічної різноманітності і інтенсивного рудогенеза Волноваської металогенічної зони, приуроченої до зчленування Донецької складчастої споруди і схилу північно-східної частини Приазовського мегаблоку УЩ *(Калашник і Кузьмин, 2018).* Однак дослідження впливу глибинної будови літосфери на формування зруденіння промислових концентрацій різних урановорудних провінцій України, включаючи Доно-Дніпровську провінцію (ДДП) заслуговує подальшого вивчення.

До складу ДДП входять наступні геотектонічні підрозділи України: Дніпровсько-Донецька западина (ДДЗ), Донецька складчаста споруда (ДСС), південно-західний схил Воронізького кристалічного масиву (ВКМ). Загальна характеристика особливостей глибинної будови Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) за даними ГСЗ, сейсмотомографії, 3D магнітного та гравітаційного моделювання на основі багаторічних досліджень представлена в ряді робіт *(Пашкевич та ін., 2018; Старостенко та ін., 2017; Старостенко та ін., 2017а)*. Це дозволило виконати комплексний аналіз неоднорідностей різних поверхів літосфери цього регіону *(Пашкевич та ін., 2018)*, на підставі чого виділено ряд перспективних ділянок для пошуків промислових скупчень вуглеводнів. На даному етапі досліджень невирішеною частиною проблеми є виявлення закономірностей формування і розміщення родовищ урану в ДДП з урахуванням особливостей глибинної будови літосфери. Подібні дослідження раніше не проводилися, проте виявлення таких закономірностей може стати науковою основою, що дозволяє визначити передумови виявлення багатих уранових рудоконцентрацій різних генетичних типів.

**Фактичний матеріал та методологія досліджень.** Виконано аналіз геофізичної, геологічної, петрологічної, радіогеохімічної інформації щодо особливостей формування, розміщення родовищ та рудопроявів урану в ДДП в зв'язку з особливостями глибинної будови літосфери, астеносфери, розломною тектонікою. Урановорудні об'єкти (родовища, рудопрояви, прояви уранової мінералізації та радіоактивні аномалії) цього регіону були разбраковані згідно з прийнятою в КП «Кіровгеологія» методикою, яка зводилась до визначення природи радіоактивності і віднесенню до певного генетичного типу. Також були використані результати гідролітохімічного картування і детальні спеціалізовані роботи останніх років по ДДЗ, виконані КП «Кіровгеологія».

**Отримані результати, їх обговорення.** У ДДП виділені Лохвицька, Полтавська і Донецька металогенічні області, Троїцько-Стрильцівська металогенічна зона, а в їх межах більш дрібні підрозділи: Слов'янський і Марковський урановорудні, Лисичанський і Павлоградський потенційно урановорудні райони, Чернігівська рудоперспективна територія**.** Виявлені на поточний момент урановорудні об'єкти ДДП зустрінуті в кристалічних породах архею і протерозою, корі вивітрювання цих порід, а також в осадових і осадово-вулканогенних породах верхнього палеозою, осадових породах мезозою та кайнозою. Нові дані з геологічної будови і уранового зруденіння, отримані за останні роки дозволили по-новому виконати виділення основних ураноносних формацій регіону досліджень по всьому геологічному розрізу, включаючи породи архею і протерозою, що є однією з невирішених частин загальної проблеми вивчення просторово-часових закономірностей формування і розміщення урановорудних об'єктів в ДДП *(Калашник і Кузьмин, 2021)*. В процесі проведення досліджень нами була встановлена певна залежність формування об'єктів уранового зруденіння різного генетичного типу ДДП від низки факторів, пов'язаних з особливостями глибинної будови літосфери, розломною тектоникою, проявами мантійного магматизму.

У ДДП відзначається закономірний зв'язок уранових об'єктів з зонами різкої зміни потужності літосфери і формуванням бароградієнтних зон в астеносфері в процесі еволюції Землі в присхилових частинах Приазовського літосферного сегмента північно-східного схилу УЩ, який забезпечив зміни складів мантійних флюїдів і інверсію форм перенесення рудогенних компонентів до верхніх горизонтів земної кори по розломах транслітосферного проникнення. Так, низка рудопроявів урану і Миколаївське уранове родовище, що пов'язані з Волноваською металогенічною зоною зони зчленування Приазовського мегаблоку УЩ і Донбасу, приурочені до району розвитку просторово і часово сполученого гідротермального уранового зруденіння та кімберлітового магматизму в районі розміщення трубок Південна, Новоласпінська *(Калашник і Кузьмін, 2018).* Досліджені мантійні ксенокрісти з девонських кімберлітових трубок Новоласпінська, Південна, Петрівська Волноваської металогенічної зони дають низькотемпературну геотермію за даними гранатової мономінеральної термобарометрії *(Ashchepkov et al., 2020).* Діаграма PTXfO2 для мінералів з концентратів, що демонструє будову мантії і шаруватість субкратонної літосферної мантії для ксенокристів з кімберлітів трубок Новоласпінська, Південна, Петрівська *(Ashchepkov et al., 2020)* дозволяє зробити висновок, що мантійна літосфера в районі Волноваської металогенічної зони різко розділена на рівні 4,2 ГПа, судячи з присутності еклогітової лінзи і хромітів на цьому рівні і зміни тренда для ільменітів з утворенням Cpx-Ilm-Phl жил у верхній частині. У розрізі літосфери загалом виділено сімь шарів: шар I – 2,5-1 ГПа, збагачений Gar- піроксенітами і Sp-перидотитами (Fe # Ol ~ 0,11-0,14); шар II – 2,5-3,2 ГПа- Gar-Sp перидотити (Fe # Ol ~ 0,08-0,10); шар III – 4,3-3,2 ГПа різноманітні перидотити (Fe # ~ 0,07-0,095); шар IV містить піроксенитові піропи з найвищим La, еклогіти і перидотити з реакційними Cpx (Fe # Ol ~ 0,10 0,125); шар V – 5.8-5 ГПа містить гарцбургіти субкальцієві, висохромисті хроміти і Mg-ільменіти; шар VI – 5,8-6,8 ГПа, містить збагачені Fe піропи типу деформованих перидотитів, Mg-еклогіти і Cr-Mg ільменіти; шар VII – більше 6,8 ГПа, представлений реакційними високотемпературними перидотитами *(Ashchepkov et al., 2020).*

Еволюційні металогенічні тренди регіонального рівня для ДДЗ відрізняються великою різноманітністю (уранова, поліметалічна, ртутна, флюоритова та інші види мінералізації), що, ймовірно, обумовлено закономірною зміною геодинамічних подій, які тісно пов'язані з глибинними процесами і перебудовами літосфери цього регіону.

Розміщення переважної більшості griff урановорудних об'єктів в ДДП контролюють протяжні глибинні розломні зони. Загальною є закономірність позитивних результатів пошуків об'єктів уранового зруденіння району досліджень в зонах порушення гомогенності середовища, його розшарування (зміна кількості і якості відбиваючих сейсмічних кордонів, деформованість поверхні Мохо), з якими, як правило, пов'язані глибинні розломні структури, вузли перетину різноспрямованих тектонічних зон з виявленими гідротермальними процесами. Крім того, гідротермальне уранове зруденіння з промисловими рудоконцентраціями, як правило, приурочене до розломів, що перетинають осадову товщу на повну її потужність і в різних концентраціях локалізовані в різних стратиграфічних горизонтах від карбону до юри, що свідчить про багатоетажність зруденіння. Це можна пояснити найбільш сприятливим структурним положенням зон зруденіння в певних структурних горизонтах в прирозломних зонах в певний період уранового рудоутворення.

На підставі спільного аналізу особливостей глибинної будови і геологічних ситуацій локалізації відомих родовищ, рудопроявів і проявів уранової мінералізації, виявлених геологічних ураноносних формацій, поширеності та глибини залягання останніх в ДДП слід очікувати відкриття нових родовищ урану в районі досліджень наступних чотирьох типів (в порядку убування перспективності): 1) гидротермального в мінералізованих зонах розломів з прожилково-вкрапленними рудами в пісковиках і алевролітах нижнього-середнього тріасу; в пісковиках, піщано-глинистих сланцях і вапняках карбону; 2) осадово-діагенетичного у вугленосних товщах карбону; 3) екзогенно-епігенетичного інфільтраційного з вкрапленними рудами в строкатих кольорових пісковиках з обвугленою рослинною органікою карбону; 4) осадово-діагенетичного з вкрапленними рудами в фосфоритах і фосфоритвміщуючих пісковиках крейди.

Полтавська металогенічна область відноситься до однієї з найбільш перспективних частин ДДП, де уранове зруденіння з промисловими параметрами відрізняється значним розмахом і масштабами прояву. У Слов'янському урановорудному районі Полтавської металогенічної області виділені шість перспективних площ для виявлення нових родовищ урану: Олексіївська-Лозовеньківська, Біляєвська, Волвенковсько-Співаківська, Новомечібилівська, Карнаухівська, Святогірська. Крім того існує ряд територій, де є передумови для виявлення уранового зруденіння промислових типів, але вони мають дуже слабку геологічну і спеціальну на уран вивченість, зокрема Чернігівська уранорудоперспективна територія, в межах якої необхідно зосередити подальші дослідження на найбільш перспективних площах, виділених за результатами більш детального прогнозування.

**Висновки.** Виявлено особливості глибинної будови літосфери та її фізичні параметри, які впливали на умови інтенсивного рудогенезу при формуванні основних геолого-промислових типів родовищ урану в районі досліджень. За результатами аналізу геологічних матеріалів (ураноносність, особливості залягання осадово-вулканогенних і, в меншій мірі, кристалічних порід, різноманітність розривної тектоніки на різних рівнях геологічного розрізу, умови циркуляції підземних вод і т.п.) виділені найбільш перспективні для виявлення нових уранових родовищ горизонти і товщі, віднесені до ураноносних геологічних формацій району досліджень. На підставі спільного аналізу геологічних ситуацій локалізації відомих родовищ, рудопроявів і проявів уранової мінералізації, виділених геологічних ураноносних формацій, їх поширеності і глибини залягання останніх в ДДП виділені чотири найбільш перспективних для відкриття в регіоні досліджень промислових типи родовищ урану та перспективні площі для їх пошуку.

**Список використаних джерел:**

Калашник А.А. [2016]. Закономерности формирования урановорудных метасоматитов в связи с особенностями глубинного строения литосферы Украинского щита // Вісник Київ. нац. ун-ту ім. Т. Шевченка. – Геологія. – №3(74). – С.51-57.

Калашник А.А. [2015]. Причины пространственной связи и монометальности формирования промышленного золотого и уранового оруденений в Кировоградском рудном районе УЩ // Зб. наукових праць УкрДГРІ. – № 3. – С.88-103.

Калашник А.А., Кузьмин А.В. [2021]. Закономерности размещения урановорудных объектов в Доно-Днепровской урановорудной металлогенической провинции в связи с глубинным строением литосферы // Вісник Київ. нац. ун-ту ім. Т. Шевченка. – Геологія. – №1(92). – С.67-78.

Калашник А.А., Кузьмин А.В. [2018]. Металлогеническое разнообразие Волновахской рудной зоны в связи с особенностями глубинного строения литосферы УЩ // Вісник Київ. нац. ун-ту ім. Т. Шевченка. – Геологія. – №2(81). – С.49-55.

Пашкевич И.К., Русаков О.М., Кутас Р.И., Гринь Д.Н., Старостенко В.И., Яник Т. [2018]. Строение литосферы по комплексному анализу геолого-геофизических данных вдоль профиля DOBREfraction’99/DOBRE-2 (ВосточноЕвропейская платформа—Восточно-Черноморская впадина) // Геофиз. журн. – №5(40). – С.98-136.

Старостенко В.И., Пашкевич И.К., Макаренко И.Б., Куприенко П.Я., Савченко А.С. [2017а]. Геодинамическая интерпретация геолого-геофизической неоднородности литосферы Днепровско-Донецкой впадины // Доп. нац. академії наук України.– 9. – С.84-94.

Старостенко В.И., Пашкевич И.К., Макаренко И.Б., Куприенко П.Я., Савченко А.С. [2017б]. Неоднородность литосферы Днепровско-Донецкой впадины и ее геодинамические следствия. Ч. 1. Глубинное строение // Геодинаміка. – №1(22). – С.125-138.

Степанюк Л.М., Бондаренко С.М., Сьомка В.О., Котвіцька І.М., Андреєв О.В. [2012]. Джерело натрію та урану ураноносних альбітитів на прикладі Докучаєвського родовища Інгульського мегаблоку УЩ. Тези доп. наук. конф."Теоретичні питання і практика дослідження метасоматичних порід і руд", (14-16 бер. 2012, Київ). (С. 78-80). Київ: Ін-т геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України.

Ashchepkov I.V., Vladykin N.V., Kalashnyk H.A., Medvedev N.S., Saprykin A.I., Downes H., Khmelnikova O.S. [2020]. Incompatible element-enriched mantle lithosphere beneath kimberlitic pipes in Priazovie, Ukrainian shield: volatile-enriched focused melt flow and connection to mature crust? // International Geology Review. – Vol.62. – P.1-22.

## СПЕКТРОСКОПІЧНІ ПАРАМЕТРИ ЦИРКОНУ З НЕФЕЛІНОВИХ СІЄНІТІВ

***Лупашко Т.М., Ільченко К.О., Кривдік С.Г., Таращан А.М.***

*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка*
*НАН України, Київ, lupashkot@ukr.net*

***Zircon of monomineral fractions (0.5-1.0 mm) from nepheline syenites of alkaline-ultrabasic and gabbro-syenite complexes of the Ukrainian Shield was studied by photoluminescence (PhL) and infrared (IR-) spectroscopy. Zircons of nepheline syenites of the Proskurivsky massif and those of carbonatites of the Chernihiv massif are similar by the concentration ratio of PhL $SiO_2^-$ and $SiO_3^{3-}$ centers and the absence of lines of HREE centers. While in zircons of the Oktyabrsky and Malotersyansky massifs high concentrations of the centers of HREE ions ($Dy^{3+}$, $Tb^{3+}$ and $Er^{3+}$) were fixed. By these PhL-parameters they are similar to zircons of highly differentiated rare metal deposits of alkaline syenites. The character of absorption in valence vibrations range of oxygen-hydrogen defects in the IR spectra of zircon from the Oktyabrsky and Malotersyansky massifs is similar to that in zircon IR-spectra of other magmatic complexes of high basicity (for example, carbonatites). The revealed differences in the spectroscopic parameters of zircon from rocks of alkaline-ultrabasic and gabbro-syenite complexes are due to the REE content and the ratio of HREE to LREE in the initial melts and to a regular change in the magmatic fluids composition and, first of all, of their carbon dioxide and water amount.***

## SPECTROSCOPIC PARAMETERS OF ZIRCON FROM NEPHELINE SYENITES

***Lupashko T.M., Ilchenko K.O., Kryvdik S.G., Tarashchan A.N.***

**Вступ.** Нефелінові сієніти Українського щита (УЩ) являють собою поширений тип магматичних утворень, які в асоціації з іншими лужними породами і карбонатитами формують масиви докембрійських порід габро-сієнітового і лужно-ультраосновного комплексів. На сьогодні Октябрьський, Покрово-Киреєвський і Давидківський масиви в Приазов'ї віднесені до першого комплексу, а Чернігівський в Приазов'ї та Проскурівський і Антоновський в Західному Побужжі – до другого. Породи Малотерсянського масиву (Середнє Придніпров'я) за генетичними особливостями є оригінальними породами і пов'язані як з лужно-ультраосновними (карбонатитовими) комплексами, так і з габро-сієнітовими. Усі вищеперераховані масиви утворилися за різних умов геодинамічного режиму, глибини зародження материнських розплавів та механізмів (ліквація та кристалізаційна диференціація) їх формування *(Кривдик, Ткачук, 1990; Кривдік, Дубина, 2005)*. Зважаючи на величезний практичний інтерес до нефелінових сієнітів, як джерела комплексних руд на алюміній, рідкісні метали (Nb, Zr, LREE, Th) та ін., особлива увага дослідників прикута до вивчення кристалохімічних параметрів наскрізних акцесорних мінералів, які можуть слугувати важливими індикаторами генезису та геохімічної спеціалізації цілих комплексів порід, або ж окремого масиву. Висока стійкість структури в умовах метаморфізму і гіпергенезу та домішка REE роблять циркон (як і апатит) одним з найбільш сприятливих мінералів для цих досліджень. **Мета** роботи – вивчення методами фотолюмінесценції (ФЛ) та інфрачервоної (ІЧ-) спектроскопії кристалохімічних особливостей циркону для одержання інформації про генетичну природу його кристалів за умов формування нефелінових сієнітів різних комплексів.

**Фактичний матеріал і методи дослідження**. Досліджувались монофракції мікрокристалів циркону (0,5÷1,0 мм) з нефелінових сієнітів Октябрського і Малотерсянського та Проскурівського і Антонівського масивів. Спектри ФЛ вихідних і прожарених (1137 К, 30 хв.) на повітрі кристалів реєструвалися в діапазоні 460-700 нм при УФ-збудженні ($\lambda$ = 365нм) за умов атмосферного тиску і кімнатної температури. ІЧ-спектри в спектральному діапазоні 1400-7000 см$^{-1}$ вихідних кристалів циркону одержані на Фур'є-спектрометрі Bruker IFS-66, обладнаному ІЧ-мікроскопом (Технічний університет, Берлін, Німеччина). Роздільна здатність спектрометра 2 см$^{-1}$, кількість сканувань – 200.

В спектрах ФЛ, зазвичай, фіксуються широкі безструктурні смуги (напівширина 0,4-0,5 ев) центрів випромінювання на власних дефектах $[SiO_4]^{4-}$ -тетраедрів структури кристалів, склад і концентрація яких відображує основно-лужно-кислотні властивості вмісних порід та їхню фаціальну приналежність, зокрема, за вмістом кремнезему та лугів *(Лупашко та ін., 2002).* За смуги ФЛ відповідають електронно-діркові центри: $SiO_4^{3-}$ (смуга з $\lambda_{max}$ = 450 нм, зарядова компенсація пов'язується з високою активністю водовмісного флюїду); $SiO_2^-$ ($\lambda_{max}$ = 540 нм, дивакансія оксигену з компенсацією заряду вакансіями $Zr^{4+}$) і $SiO_3^{3-}$ ($\lambda_{max}$ = 600 нм, вакансія оксигену, стабілізована іонами $Y^{3+}$ в позиції $Zr^{4+}$) *(Таращан, 1978).* В спектрах ФЛ повсякчас реєструються вузькі лінії центрів випромінювання іонів HREE в позиції $Zr^{4+}$: $Dy^{3+}$ – діапазон випромінювання 470-490 нм (електронний перехід $^4F_{9/2} \rightarrow {}^6H_{15/2}$), 565-582 нм ($^4F_{9/2} \rightarrow {}^6H_{13/2}$) і 661-673 нм ($^4F_{9/2} \rightarrow {}^6H_{11/2}$); $Tb^{3+}$ – діапазон 450-465 нм ($^5D_3 \rightarrow {}^7F_4$); $Er^{3+}$ – 546-554 нм ($^4S_{3/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$). Висока інтенсивність ліній REE може успішно використовуватись в якості індикатора геохімічної спеціалізації руд на HREE і Y. Результати ІЧ-спектроскопічного дослідження дають інформацію про ступінь кристалічності (метаміктності) структури циркону та про різні типи киснево-водневих дефектів – $OH_n$ (OH-груп, структурної і вакуольної води), яка свідчить про зміни фізико-хімічних параметрів мінералоутворювального середовища в процесі послідовної кристалізації циркону в парагенезисах і, зокрема, про вміст води у флюїдах.

**Отримані результати та їх обговорення.** Характерною особливістю ФЛ вихідних кристалів циркону з нефелінових сієнітів є висока концентрація центрів $SiO_2^-$ і $SiO_3^{3-}$, за умов переваги $SiO_2^-$ ($SiO_2^- > SiO_3^{3-}$), та співвідношення $SiO_2^- / SiO_3^{3-}$ від 1,7 до 4,65 (рис. 1, *a*, спектр 2; рис. 2, *a* і *b*). За значеннями цього параметру (2,5 – 4,65) усі кристали циркону з монофракції з Проскурівського масиву та окремі його індивіди в монофракції з Малотерсянського дуже схожі між собою та близькі до циркону з різних за складом карбонатитів та інших порід (сьовітів, альвікітів, слюдитів) Чернігівського масиву. Їм притаманне однакове випромінювання яскравого світло-зеленувато-жовтого кольору, а в спектрах ФЛ – практична відсутність смуги центрів $SiO_4^{3-}$ (450 нм). Центри ФЛ іонів REE проявлені лише дуже малоінтенсивними лініями іонів $Dy^{3+}$ (рис. 1, *a,* спектр 2; рис. 2, *b,* спектри 2,3).

Інша частина кристалів циркону із монофракції з нефелінових сієнітів Малотерсянського масиву за ФЛ-параметрами подібна до циркону з маріуполітів Октябрського масиву (рис. 2*a*, спектр 2; рис. 2*b,* спектр 3) і чітко відрізняється від розглянутих вище. Їм властива яскрава біло-жовтувата ФЛ, інтенсивні лінії випромінювання іонів $Dy^{3+}$, $Tb^{3+}$ та $Er^{3+}$ в спектрах та значення співвідношення інтенсивності смуг центрів $SiO^{2-}$ / $SiO_3^{3-}$ в межах від 1,7 до 2,6. Чітка структура інтенсивних ліній іонів REE в спектрах природних і прожарених кристалів циркону Октябрського і Малотерсянського масивів свідчить про високий ступінь кристалічності їхньої структури. Збагачені REE кристали циркону цих двох масивів по своїм ФЛ-параметрам відповідають цирконам з Nb-Ta-Zr-HREE родовищ лужних сієнітів (Азовського, Катугінського та ін.).

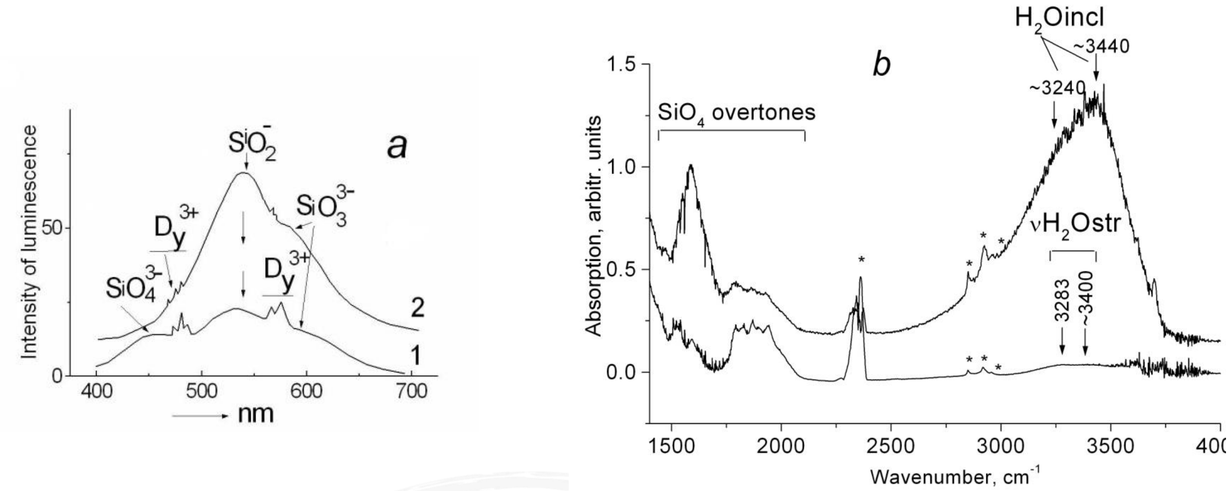
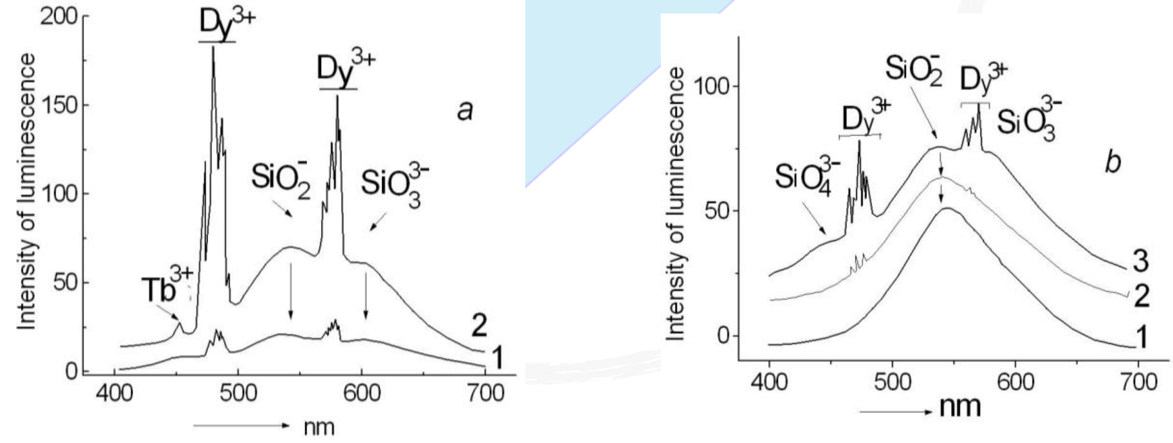


***Рисунок 1.*** *Спектри ФЛ (a) та ІЧ-спектри в спектральному діапазоні 1400-4000 $см^{-1}$ (b) циркону (300 К) із нефелінових сієнітів Антонівського (1) і Проскурівського (2) масивів УЩ.*

Кристали циркону з дрібно- і середньозернистого габро з кварцем ендоконтактової зони Октябрського масиву відрізняються від них темно-жовтою ФЛ, а в спектрах – присутністю усіх трьох смуг центрів $SiO_4^{3-}$, $SiO_2^-$ і $SiO_3^{3-}$, де домінує за інтенсивністю смуга $SiO_2^-$ ($SiO_4^{3-}$· <$SiO_2^-$ > $SiO_3^{3-}$) (рис. 2*a*, спектр 1). Найвірогідніше, що накопичення цирконію в сильно диференційованому Октябрському масиві відбувається згідно загальних закономірностей процесів фракційної кристалізації розплавів з формуванням єдиної габро-сієнітової серії порід, де більш пізніми комагматичними фазами є маріуполіти.



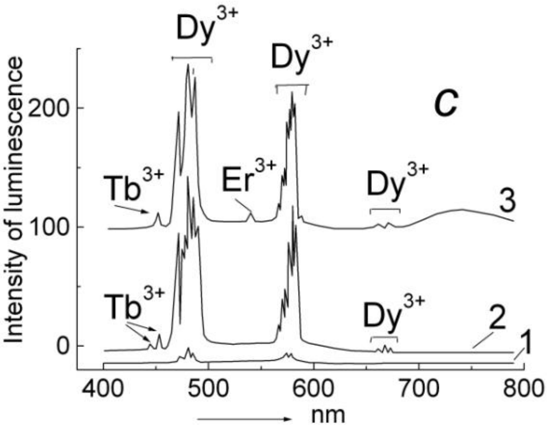


***Рисунок 2.*** *Спектри ФЛ циркону (300 К) а – Октябрський масив: габро (1) і нефеліновий сієніт (2); b – Малотерянський масив: нефеліновий сієніт (1,2,3 – різні кристали); c – спектри ФЛ прожарених (1173 К, 30 хв) кристалів циркону з габро (1) і нефелінових сієнітів (2) Октябрського та нефелінових сієнітів Малотерянського масивів.*

За даними ІЧ-спектроскопії добре розділені смуги обертонів і комбінаційних тонів коливань тетраедрів $[SiO_4]^{4-}$ також вказують на високий ступінь кристалічності циркону з Малотерсянського та Октябрьського масивів (рис. 3). Дещо нижчий – має циркон Проскурівського масиву і частково метаміктним є кристал з Антонівського (рис. 1*b*). В області валентних коливань груп OHn спектри різних індивідів циркону з Малотерсянського масиву відрізняються за співвідношенням інтенсивності вузьких смуг поглинання в діапазоні ~3560 – 3620 см$^{-1}$ та значно ширших – в частотному інтервалі ~3100 – 3490 см$^{-1}$ (рис. 3), які, вірогідно, пов`язані з валентними коливаннями OH-груп (νOH) і молекул структурно зв`язаної води ($\nu H_2O_{str}$), відповідно. Спектри окремих кристалів зі смугами поглинання OH-груп і структурно зв`язаної води близькі до спектрів циркону з маріуполітів Октябрьського масиву, але в останніх вони дещо інтенсивніші. З іншого боку, за характером ІЧ-спектрів в діапазоні валентних коливань киснево-водневих дефектів циркон Октябрьського і Малотерсянського масивів подібний до циркону з інших магматичних утворень високої основності (наприклад, карбонатитів). В ІЧ-спектрі циркону з Антонівського масиву спостерігається лише інтенсивна широка смуга ~3440 см$^{-1}$ з плечем~3240 см$^{-1}$, що за своїми спектральними характеристиками відповідає воді у включеннях ($H_2O_{incl}$) (рис. 1*b*, спектр 1).

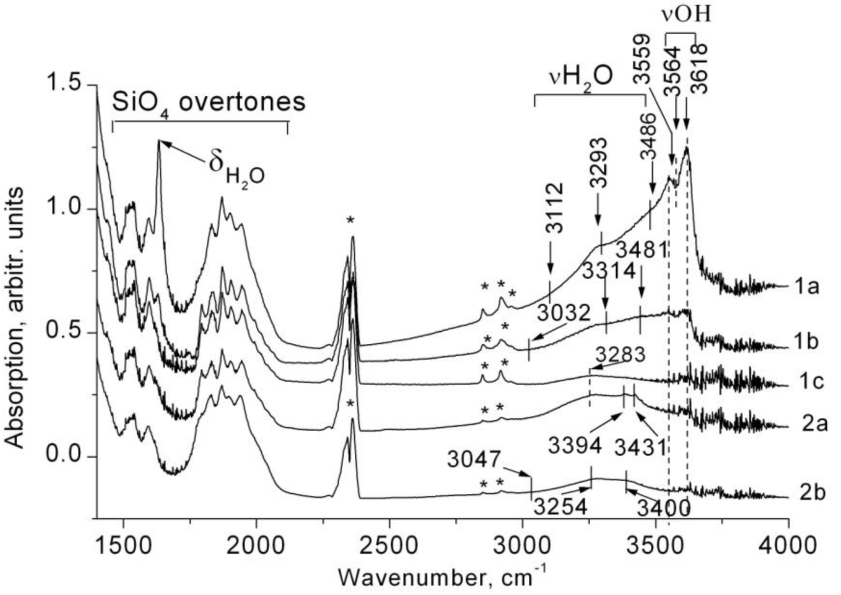


***Рисунок 3.*** *ІЧ-спектри циркону (300 К) в спектральному діапазоні 1400-4000 см$^{-1}$ із нефелінових сієнітів Малотерсянського масиву (1a, 1b і 1c – різні кристали) та маріуполітів (2a) і габро (2b) – Октябрського.*

**Висновки.** За результатами дослідження ФЛ-параметрів циркону можна зробити висновки, що нефелінові сієніти лужно-ультраосновного комплексу (наприклад, Проскурівський масив) характеризуються вмістом виключно LREE, тоді як аналогічні породи габбро-сієнітового комплексу – HREE та Y (Октябрський масив). Це, найперше, пов'язано з концентрацією REE і Y, співвідношенням LREE / HREE у вихідних розплавах, їх закономірною зміною в глибинних процесах та співвідношенням вмісту вуглекислоти і води у складі флюїдів. Як показали проведені дослідження, варіації цих параметрів мінералоутворювального середовища найбільш чітко проявлені за умов формування Малотерсянського масиву. Кристалізація циркону з масивів порід обох комплексів проходила в умовах низької фугітивності оксигену (висока концентрація центрів ФЛ $SiO^{2-}$ і $SiO_3^{3-}$ ) і відновного режиму флюїдів (інтенсивні смуги νOH в ІЧ-спектрах).

**Список використаних джерел**

Кривдик С.Г., Ткачук В.И. [1990] Петрология щелочных пород Украинского щита. – Киев: Наукова думка. – 408 с.

Кривдік С.Г., Дубина О.В. [2005] Типохімізм мінералів лужно-ультраосновних комплексів Українського щита як індикатор глибинності їх формування. // Мінерал. журн. – Т. 27 – № 1. – С. 64-76.

Лупашко Т.Н., Цымбал С.Н., Таращан А.Н., Кривдик С.Г. [2002] Типоморфные признаки акцессорного циркона из пород Украинского щита. // Материалы 3-го Международного минералогического семинара «Новые идеи и концепции в минералогии». Сыктывкар, 2002 г. – С. 105-106.

Таращан А.Н. [1978] Люминесценция минералов. – Киев: Наукова думка. – 296 с.

## СОСТАВ ПОЛЕВОГО ШПАТА ИЗ ГРАНИТОИДОВ БЕЛОКУРИХИНСКОГО МАССИВА, ГОРНЫЙ АЛТАЙ

***Мамыкина М.Е.***

*Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия,*
*ematikina@mail.ru*

***The author studied feldspars from granitoids of the Belokurikhinsky massif. A sequence was noted in the change in the composition of plagioclase during the change of rocks. Granodiorites are characterized by andesine, and leucogranite is characterized by albite. It is concluded that there is a consistent crystallization differentiation.***

## COMPOSITION OF FELDSPAR FROM GRANITOIDS OF THE BELOKURIKHINSKY MASSIF, GORNY ALTAI

***Matykina M.E.***

**Вступление.** Белокурихинский массив – интрузивный комплекс гранитоидов, с которыми связано редкометалльное оруденение (бериллий, вольфрам, литий, тантал и др.) *(Владимиров и др., 1996)*. Данный массив и ряд штоков (Осокинский, Курановский, Черновский, Точильный, Сосновский) входят в состав Белокурихинского плутона, который развит в междуречье Ануй-Песчаная и имеет площадь около 500 км$^2$ *(Леонтьев, 1969)*. В составе Белокурихинского массива выделяют 3 фазы внедрения: 1 фаза - гранодиориты; 2 фаза - биотитовые граниты; 3 фаза - биотитовые и двуслюдяные лейкограниты, умеренно-щелочные лейкограниты. Жильные образования представлены рудоносными пегматитами *(Гусев и др., 2008)*. Актуальность исследования массива связана с тем, что он является рудоносным и химический и минеральный состав гранитов недостаточно исследован.

**Методы исследования.** Отобрано 30 образцов для исследования, из них: 2 - гранодиориты, 18 – биотитовые граниты, 10-лейкограниты. Для каждого образца изготовлен шлиф на котором обнаружен и отмечен полевой шпат для последующего исследования. Определение особенностей состава плагиоклаза и калиевого полевого шпат по главным элементам проходило на электронном микроскопе JEOL JSM-6510LA с энергодисперсионной системой JED-2200 (SEM-EDS) в ИГГД РАН с приведением результатов анализа к 100 %. Условия съемки для электронного микроскопа JSM-6510

LA (ИГГД РАН): ускоряющее напряжение катода 20 кВ, фокусное расстояние 10 мм; диаметр пучка электронов 3-5 мкм. Исследование проб на растровом электронном микроскопе осуществлялась персоналом ИГГД РАН (аналитик О.Л. Галанкина).

**Результаты исследования.** В ходе исследования полевых шпатов под микроскопом было отмечено, что для гранодиорита характерен плагиоклаз с № 29-34, для биотитовых гранитов характерен плагиоклаз № 21-27, а для лейкогранита – № 9-14. Результаты полученные по определению химического состава полевых шпатов представлены на тройной диаграмме Ab-An-Or (рис.1). На данной диаграмме наблюдается четкое разделение полевых шпатов по породам. Для 1 и 2 фазы характерен андезин, но преимущественно он характерен для 1 фазы, для 2 фазы – олигоклаз. Для 3 фазы характерен альбит-олигоклаз. На основе полученных данных микрозондового анализа плагиоклаз имеет устойчивый состав согласно разновидностям, но также в составе наблюдаются примеси (FeO, MgO). Получен состав минералов и по редким элементам. Отмечается рост в содержании Cr 4 – 61 ppm, Li 0.04 – 6 ppm и убывание Sr (от 610 до 5 ppm), Ba (от 64 до 1 ppm) от первой к третьей фазе пород. Что касаемо калиевого полевого шпата, то для всех пород характерен сандини, ортоклаз и микроклин (изучая породы на макроуровне были отмечены полевые шпаты светло-белого, серого и красного цвета). В микроклинах первой фазы встречаются примеси FeO, BaO (0.35% и 0.23% соответственно), в зернах второй фазы в качестве примеси выступает только BaO (до 0.33%), а в зернах микроклина из третьей фазы примесей не было отмечено. Что касаемо содержаний редких элементов, то для микроклинов характерен рост от первой к третьей фазе гранитоидов Li (0.4 – 42 ppm) и Cr (2 – 73 ppm), как и для плагиоклазов.

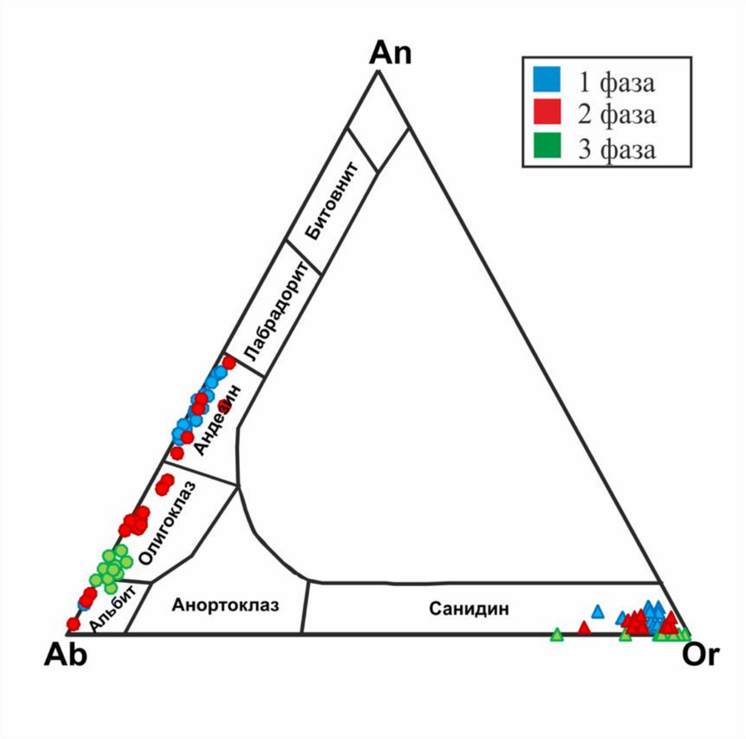


***Рисунок 1.*** *Диаграмма Ab–An–Or для полевых шпатов из гранитоидов Белокурихинского массива.*

**Заключение.** Результаты исследования химического состава полевых шпатов показали, что происходило постепенная кристаллизация из расплава плагиоклазов и калиевых полевых шпатов. Так же исследование полевых шпатов может помочь при определении фазы массива. Данный вывод можно использовать в то время, когда

отсутствуют другие критерии, разделяющие породы по фазам. Для данного исследования получено, что более средние плагиоклазы (андезин) характерны для более средне-кислой породы – гранодиорита, олигоклаз характерен для биотитовых гранитов, а альбит-олигоклаз для лейкогранита.

**Благодарности.** Автор выражает благодарность С.Г.Скублову, Е.В.Левашовой, О.Л. Галанкиной (ИГГД РАН).

### Список литературы

Владимиров А.Г., Шокальский С.П., Халилов В.А. и др. [1996] Этапы и масштабы гранитообразования Большого Алтая, Салаира и Кузнецкого Алатау // Материалы конференции «Геодинамика и эволюция Земли» – Новосибирск. – С. 87-89.

Гусев А.И., Гусев Н.И., Табакаева Е.М. [2008] Петрология и рудоносность белокурихинского комплекса Алтая: монография / Бийск: БПГУ им. В.М.Шукшина. – 195 с.

Леонтьев А.Н. [1969] Формация позднегерцинских редкометаллоносных гранитов и редкометалльные пояса Прииртышья. М.: Недра. – 164 с.

## МЕТА-АНАЛІЗ ГЕОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

***Мороз Є.С., Скакун Л.З.***

*Львівський національний університет ім. Івана Франка, Львів,*
*yevhenii.moroz@lnu.edu.ua*

***The result of the meta-analysis of geological information of the western part of the Ukrainian Shield is an interactive geological map of the crystalline basement at a scale of 1: 200,000 and its description. The map was built using (NACSN 2005) principles in the QGIS environment. It is based on the state digitized geological maps at a scale of 1: 200,000 and publications for the last 70 years. The GIS system allows visualisation of a wide range of geological data (lithodemic units, structural parameters, faults, isotopic age data, mineralogical and petrochemical analyses), as well as the location of rock outcrops (natural and anthropogenic), boreholes, etc.). The system will allow each registered user to edit and add information to the database.***

## META-ANALYSIS OF GEOLOGICAL INFORMATION OF THE WESTERN PART OF THE UKRAINIAN SHIELD

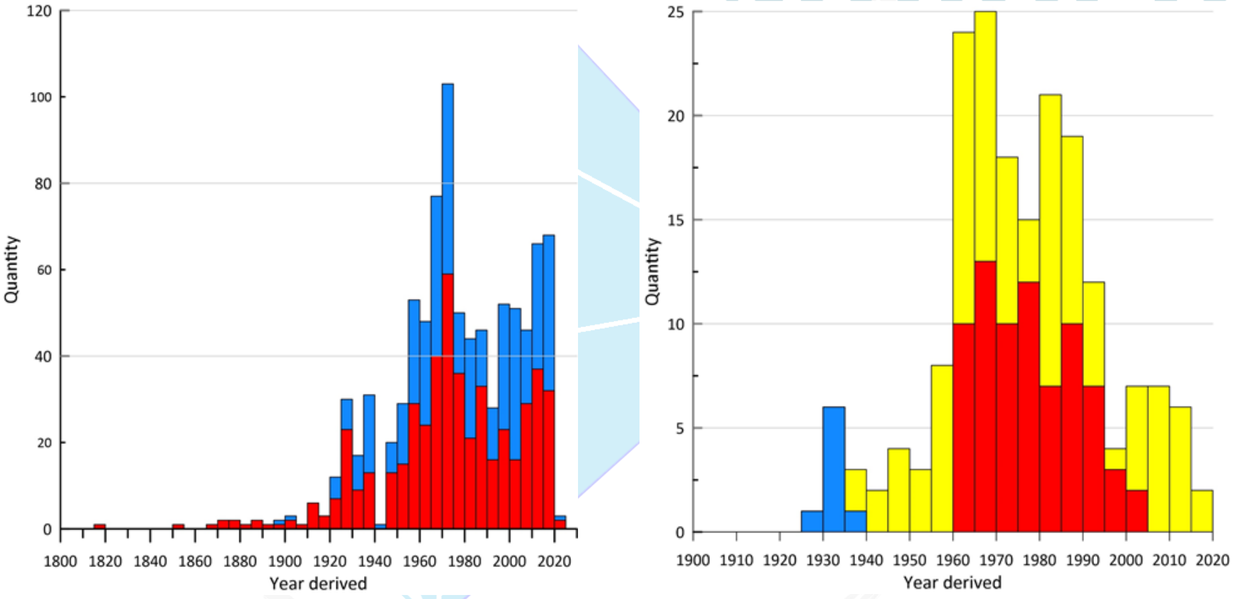
***Moroz E.S., Skakyn L.Z***

**Вступ; Аналіз попередніх досліджень, формулювання проблеми, актуальність її вирішення, задачі дослідження.**Кристалічний фундамент західної частини Українського щита складений метаморфічними та магматичними комплексами переважно палеопротерозою, в меншій мірі неоархею із незначними реліктами ультрамафічних, мафічних та осадових комплексів палеоархею *(Щербаков, 2005; Щербак и др., 2005; Щербак и др., 2008)*. Кристалічний фундамент перекритий верхньопротерозойськими і молодшими осадовими породами.

Дослідницькі та локально пошукові і картувальні роботи роботи в цьому регіоні тривають останні 150 років. В різні періоди часу інформація записувалася з використанням різних концепцій та ідей.

Перші задокументовані дослідницькі роботи по досліджуваній території починають зявлятися на початку XIX сторіччя. В період часу з першої публікації до наших днів було опубліковано близько 9 сотень робіт. З яких 55% базаються на власних дослідженнях (містять первинне джерело інформації), та 45 % робіт грунтуються виключно на дослідження попередників(рис. 1а).

Геологічні карти середнього масштабу «трьох-верстові» почали друкувалися в 30 роках минулого сторіччя. Проте згодом, в 40-х роках переходячи до метричної системи, трьох-верстові карти замінили двухкілометровки (рис. 1б). На даний час територія повністю покрита картуванням масштабу 1: 200 000 (20 аркушів), та місцями з дрібнішою деталізацією карт пів кілометрового масштабу. Аркуші карт фундаменту ґрунтувалися на різних стратиграфічних схемах, включали локальні стратиграфічні підрозділи, що не простежувалися на сусідні території. Карти також різняться за стилістикою, детальністю вивчення. В багатьох випадках між двома сусідніми аркушами спостерігається не сумісність геологічних границь.



а) б)

***Рисунок 1.*** *а) Графік демонструє кількість випущених публікацій кожного типу в проміжку 1815-2020. Стовпчик показує кількість випущених карт в проміжку 5 років. Колір стовпчику: синій – публікації які базуються виключно на дослідження попередників; червоний – публікації, які базуються на власних дослідженнях (містять первинне джерело інформації); б) Графік демонструє кількість випущених карт кожного типу в проміжку 1925-2020. Стовпчик показує кількість випущених карт в проміжку 5 років. Колір стовпчику вказує масштаб карти: синій– 1:126 000 (трохверстові); червоний – 1: 50 000; жовтий; 1:200 000.*

Карти кристалічного фундаменту ґрунтувалися на стратиграфічній концепції, яка передбачала, що картуються тіла осадових та вулканічних порід. підданих метаморфізму із збереженням (хоча б частково) стратиграфічної послідовності, що дозволяло виконувати структурні побудови, зокрема виділяти складчасті структури.

На даний час відомо, що формування палеопротерозойських (Докембрійських) метаморфічних та магматичних комплексів західної частини Українського щита відбувалося в умовах нижньої континентальної кори (глибини понад 25 км) при колізії континентальних блоків Сарматії та Балтії (Bogdanova et al. 1996) із подальшим апліфтом до 12 і менше км. За сучасними уявленнями, колізійні процеси в нижній континентальній корі характеризуються каналізованими горизонтальними потоки порід (Dewei 2008)За таких умов, стратиграфічні взаємовідносини між тілами втрачаються, а домінуючими чинниками, що визначають будову масиву порід, стають їх реологічні характеристики, що, зі свого боку, контролюються складом порід, що піддаються метаморфізму, P-T-умовами, ступінню плавлення. Масив розділяється на фрагменти, розділені зонами пластичної течії, що спостерігаються як тонкосмугасті гнейси. Фрагменти розрізняються набором порід, петрологічними та мінералогічними характеристиками. Саме ці характеристики, а саме мінеральний склад поід, набір порід та їх структурно-текстурні параметри, співвідношення метаморфічної та магматичної компонент лягли в основу переінтерпретації геологічної інформації.

При побудові інтерактивної карти кристалічного фундаменту ми намагалися позбутися всіх неузгодженостей та притримувались однієї стилістики. Нами картувалися петродинамічні одиниці, які відображають метаморфічні та магматичні перетворення та узгоджуються з даними ізотопної геохронології. Методика виділення петродинамічних одиниць відповідає принципам побудови геологічних карт для кристалічних щитів, прийнятих North American Commission on Stratigraphic Nomenclature (NACSN 2005)

**Фактичний матеріал та методологія досліджень; Отримані результати, їх обговорення.** Західна частина Українського щита включає 4 провінції: Волинська, Подільську, Росинсько-тікицький, Бузьку та 1 сутурну зону: Голованівська (рис. 2).

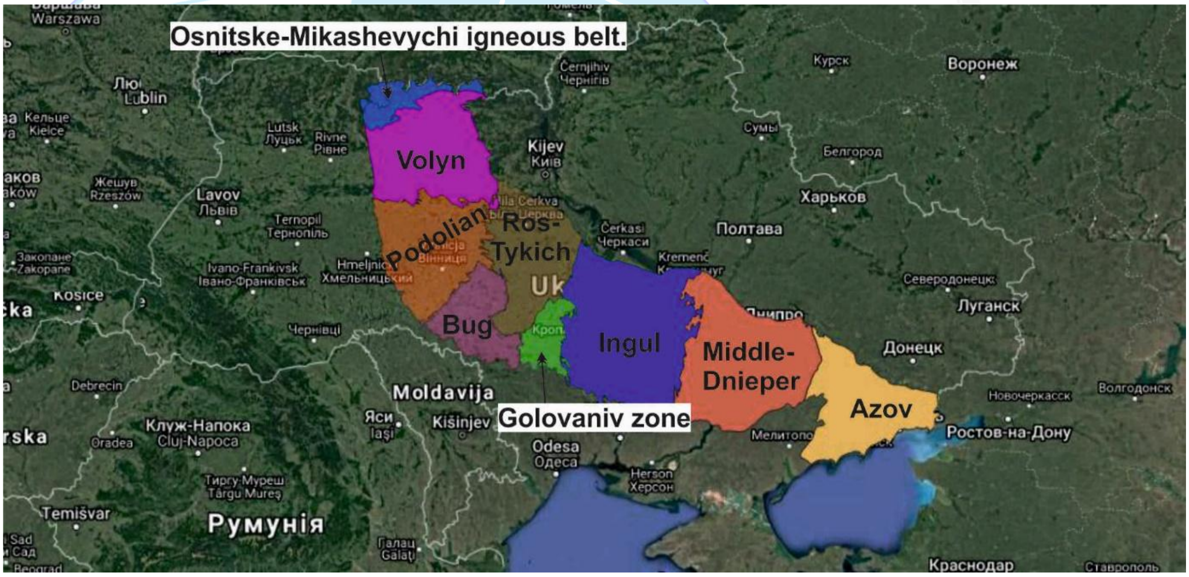


***Рисунок 2.*** *Ця карта демонструє розташування Українського щита на Google карті та головні Архейські та Протерозойські провінції всередині нього. Інформація про проділ на провінції взята (Гинтов 2012).*

Мета-аналіз проводився в межах всіх території, окрім Волинського мегаблоку. Робота виконувалася в наступній послідовності:

- аналіз літературних та картографічних джерел інформації, розробка найменувань петродинамічних одиниць та прив'язка до існуючих геологічних комплексів;
- польові експедиційні дослідження (ознайомлення з будовою основних петродинамічних одиниць);
- оцифровка геологічних карт та заповнення атрибутивних таблиць.

Результатом роботи є проєкт «Map.qgs» (рис. 3) (ознайомитись можна за посиланням http://surl.li/acjom) виконаний в програмному пакеті QGIS. Всі файли проєкту («Map.qgs») проектувалося в системі координат WGS84.

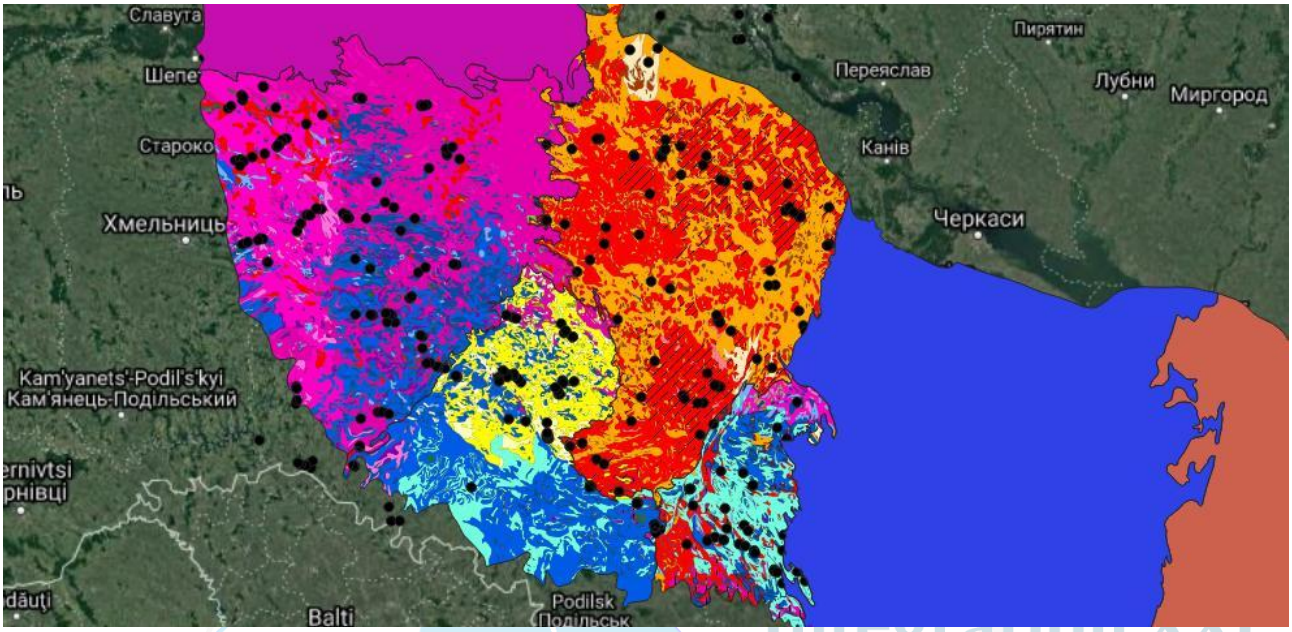


***Рисунок 3.*** *Оглядова геологічна інтерактивна карта західної частини Українського щита разом з природними і антропогенними відслоненнями.*

Інформація для побудови цифрової версії геологічної карти докембрію західної частини Українського щита бралися з «ДЕРЖАВИНИХ ГЕОЛОГІЧНИХ КАРТ 1:200 000» , «геологічних карт масштабу 1:50 000», з якими можна ознайомитися на Геоінформ Україна»; а також опублікованої літератури (з повним переліком можна ознайомитись за посиланням http://surl.li/acjom).

**Висновки**. Інтерактивна геологічна карта кристалічного фундаменту демонструє нові погляди щодо принципів картування на Українському щиті. Вона дозволяє візуалізувати великих масив геологічних даних (петродинамічні одиниці, розломи, відслонення, свердловини, структурні параметри, геохронологію, петрохімію), чого неможливо зробити на традиційних картах внаслідок їх обмеженості. Система дозволить кожному користувачу вносити правки та додавати інформацію в базу даних. На даний момент доступна лише частина вмісту.

**Список використаних джерел**

Гинтов О.Б. [2012] Докембрий Украинского щита и тектоника плит. // Геофизический журнал. – Т.34. – № 6.– С. 3–21.

Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Лесная И.М., Пономаренко А.Н., Шумлянский Л.В. [2008] Геохронология раннего докембрия Украинского щита (Протерозой). Киев.

Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Лесная И.М., Пономаренко А.Н. [2005] Геохронология раннего докембрия Украинского щита (Архей). Киев: Наукова думка.

Щербаков И.Б. [2005] Петрология Украинского щита. Львов: ЗуКЦ.

Bogdanova S.V., Pashkevich I.K., Gorbatschev R. Orlyuk M.I. [1996] Riphean rifting and major Palaeoproterozoic crustal boundaries in the basement of the East European Craton: geology and geophysics. // Tectonophysics – T.268. – C. 1–21.

Dewei L.I [2008] Continental Lower-crustal Flow: Channel Flow and Laminar Flow. // Earth Science Frontiers. – T.15. – № 3. – C. 130–139.

NACSN [2005] North American Commission on Stratigraphic Nomenclature (89).

# КАМЕРНІ ПЕГМАТИТИ КОРОСТЕНСЬКОГО ПЛУТОНУ – НЕМИНУЩЕ ДЖЕРЕЛО КОШТОВНОГО КАМІННЯ В УКРАЇНІ

***Наумко І.М.[1], Вовк О.П.[2], Яковлєва В.В.[3]***

*[1]Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України,*
*Львів, igggk@mail.lviv.ua, naumko@ukr.net*
*[2]Волинський національний університет імені Лесі Українки,*
*Луцьк, geologygeochemistry@gmail.com*
*[3]Державна установа «Музей коштовного і декоративного каміння»,*
*Хорошів Житомирської області, muzey_vv@ukr.net*

***It is shown that the crystallization of topaz, beryl and morion with ideal crystal morphological and gemological parameters in chamber pegmatites of the Korosten plutone took place under specific physicochemical conditions. Perfect individuals of precious and semiprecious stones and rich collection material are of interest to scientists, jewelers and collectors, as well as geotourists. Thus, the chamber pegmatites of Volyn area are an the only base and immediate source of topaz and beryl and jewelry and piezo-optical quartz, an outstanding geological and mineralogical monument a promising and attractive geotourism object in of Ukraine.***

# CHAMBER PEGMATITES OF THE KOROSTEN PLUTON – THE IMMEDIATE SOURCE OF GEMSTONES IN UKRAINE

***Naumko I.M., Vovk O.P., Yakovleva V.V.***

**Вступ.** Топазо-моріонові камерні пегматити Коростенського плутону (північно-західна частина Українського щита), просторово і генетично пов’язані із гранітними інтрузіями малих глибин *(Лазаренко и др., 1973)*, відзначаються специфічністю будови, багатством і своєрідністю мінерального складу, наявністю великих, прозорих та чудово огранених кристалів коштовного і напівкоштовного каміння, багатого колекційного матеріалу *(Василишин та ін., 2001; Музей..., 2006; Pavlishin, Dovgyi, 2007; Яковлєва, Власюк, 2011)*. Це – визначна геологічна і мінералогічна пам’ятка України, перспективний і привабливий об’єкт геотуризму.

**Аналіз попередніх досліджень, формулювання проблеми та актуальність її вирішення.** Результати численних досліджень з проблеми висвітлено в узагальнювальних працях *(Ивантишин и др., 1957; Мінералоутворюючі..., 1971; Лазаренко и др., 1973; Pavlishin, Dovgyi, 2007 та ін.)*, зокрема і в оригінальних авторських матеріалах *(Наумко, 1986; Яковлєва, Каменчук, 2004; Naumko, 2006; Наумко, 2006; Вовк, 2016; Павлишин та ін., 2017; Наумко та ін., 2018 та ін.)*. Однак у них не акцентовано на тому факті, що камерні пегматити є практично єдиним реальним неминущим джерелом коштовного каміння в Україні, яке варто розвивати і повертати в активну господарську діяльність. Тому набуває актуальності потреба в оцінці внеску досліджень камерних пегматитів Волинського родовища у пізнання цих унікальних утворень щодо відтворення пегматитового процесу та місця у ньому топазу, берилу і моріону з огляду на їхні мінералого-гемологічні властивості і практичне значення для розвитку ювелірної промисловості в Україні.

**Фактичний матеріал.** Літературні та авторські матеріали вивчення коштовного і напівкоштовного каміння камерних пегматитів.

**Методологія досліджень.** Аналіз і узагальнення даних з генезису та мінералого-гемологічних властивостей топазу, берилу, кварцу.

**Отримані результати, їхнє обговорення.**

***Стисла характеристика геологічної будови і походження камерних пегматитів.*** Камерні пегматити Коростенського плутону ранньопротерозойського віку *(Соболев, 1947)* приурочені до зон контакту дрібноовоїдних відмін гранітів ⍰$_1$ і ⍰$_2$ та основних порід і формувалися при відокремленні від гранітного розплаву флюїдів, скупчення яких під екраном гранітів ⍰$_1$ та основних порід ставали зародками пегматитових осередків. Власне змішування флюїдів глибинного (підкорового) походження, збагачених $H_2O$, $CO_2$, HF та ін., – продуктами дефлюїдизації магми як кислого, так і основного (базитового) складу, що припливали потужним Володарськ-Волинським глибинним розломом, і флюїдів гранітного розплаву *(Мінералоутворюючі..., 1971; Лазаренко и др., 1973; Возняк, 2003; Наумко, 2006; Возняк, Павлишин, 2008)* сприяло формуванню камерних пегматитів з п’єзооптичною сировиною й коштовним камінням. Виділяють три типи пегматитових тіл *(Лазаренко и др., 1973)*. До найвідоміших і найпродуктивніших з видобутку каменебарвної сировини належать повнодиференційовані пегматити III типу (зверху вниз: графічна, пегматоїдна, польовошпатова і кварцова мінерально-структурні зони, камера (занориш), зона вилуговування. Камера (одна або кілька) досягає значних розмірів і містить кристали кварцу, топазу, берилу. Саме до камер приурочені гігантські індивіди топазу і берилу (не кажучи про кристал кварцу масою до 10 тонн), серед них унікальний кристал топазу масою 117 кг *(Лазаренко и др., 1973)*, а маса одного з кристалів берилу склала 66,60 кг. Виявлені у зоні вилуговування кристали топазу і берилу мають наукове і колекційне значення, а в одному з тіл знайдено кристал топазу довжиною до 54 см і масою 20–25 кг *(Наумко, 1986)*.

***Особливості кристаломорфології і генезису коштовного каміння.*** Вперше наголошено *(Вовк, 2016)* про наявність в топазу і берилу типового призматичного габітусу, однак морфологія топазу багатша, на індивідах виявлено значно більше простих форм. На кристалах топазу більше простих форм зафіксовано на індивідах з камер, на кристалах берилу – із зон вилуговування; великі багатогранники топазу мають багатшу морфологію, а берилу – біднішу. Зі спадом температури морфологія багатогранників і топазу, і берилу збіднюється. Відмінності кристаломорфології топазу і берилу добре корелюють з особливостями генезису: топаз формувався в кислотні періоди мінералогенезу, а берил – у лужні *(Мінералоутворюючі..., 1971, Лазаренко и др., 1973)*. Цей антагонізм виявляється і в їхній просторовій та часовій відособленості.

***Топаз.*** Кристали топазу в родовищі співвідносять, головно, із камерами, а також з зонами вилуговування і метасоматично зміненими породами повнодиференційованих пегматитів. Топаз – мінерал, чітко індивідуалізований кристалографічно *(Вовк, 2016)*. Багатогранники із заноришів зазвичай одноголові, їхні розміри по осі С варіюють від 1–2 см до 30 см, вага – від 1–2 г до 117 кг. Крім монокристалів, трапляються зростки з 2–4 індивідів багатого огранення. Виділяють кристали ільменського, адун-чілонського і проміжного типів. Їхнє природне забарвлення досить розмаїте: від прозорих безбарвних індивідів до рожево-коричневих і блакитних і неповторне в кожному кристалі, воно змінюється навіть в межах його окремих частин. Типовим є секторіальний і зональний розподіл забарвлення, зокрема рожеве належить пірамідам росту M {110}, o {111}, y {021}, b {010}, блакитне – l {120}, f {011}, u {112} *(Лазаренко и др., 1973)*. В більшості кристалів воно таке слабке, що їх відносять до безбарвних. Обсяги топазу, які відповідають вимогам ТУ до ювелірної сировини і можуть бути використані для виготовлення огранених вставок в ювелірні вироби, опосередковано по родовищу в 1980–1990 рр. складають для виробів офсетного огранування – 9 %, кабошонного – до 15 %, колекційної сировини – до 50 %. З найбільшого кристала вагою 117 кг, видобутого в 1965 р., вдалося відсортувати 48 кг ювелірної і 65 кг колекційної сировини.

***Берил.*** Трапляється в камерах і зонах вилуговування повнодиференційованих пегматитів головно центральної частини родовища, розміри складають 1–2 – 50 см, вага –1–2 г – 66,6 кг. Обрис практично всіх кристалів стовпчастий, а габітус – призматичний. За розміром і видовженістю кристалів, кольором мінералу та фігурами росту і розчинення на гранях індивідів берилу виділено його п'ять морфологічних типів, між якими існують поступові переходи *(Бартошинский и др., 1969; Лазаренко и др., 1973; Яковлєва, Каменчук, 2004; Вовк, 2016)*. Кристали зазнавали впливу розчинення, інтенсивність якого частіше проявлена у вигляді характерних порожнинних каналів травлення. Залежно від забарвлення виділяються берил звичайний, геліодор, гошеніт, аквамарин. Більшість кристалів берилу мають різні відтінки зеленого забарвлення, а аквамарин є рідкісним. Зміну забарвлення берилу проводять поступовим нагрівом, або ж за впливу радіації. Кількість сировини, що може використовуватися для виробів кабошонного огранування, може досягати 20 %, для виготовлення пластин для вирощування синтетичних кристалів (переважно різновиду смарагд) до 30 %, колекційна сировина складає біля 40 %. Більшість берилів родовища – це унікальна і високосортна колекційна сировина, прозорі кристали та їхні уламки використовувалися для виготовлення розмаїтих вставок фасетного (переважно східчастої форми) і кабошонного огранування. Напівпрозорі і майже повністю прозорі кристали, що відповідають вимогам ТУ до ювелірної сировини для виготовлення виробів фасетної огранки, складають по родовищу близько 8 %.

***Кварц.*** Кристали кварцу із камер повнодиференційованих пегматитів мають розміри по осі $L_3$ від 1–2 см до 3 м, по $L_2$ – до 2 м, їхня вага – від перших грамів до 10 т. Кристали одноголові, часті їхні зростки, або друзи зростання з іншими мінералами, сліди розчинення різної інтенсивності проявлені майже на кожному з них. Забарвлення кристалів розмаїте. Великі індивіди мають зональне забарвлення, що змінюється від периферії до центру кристала: кварц центральної частини – безбарвний (гірський кришталь), кварц граней і вершин має димчасте, зрідка золотисте (цитрин), або темно-димчасте до чорного (моріон) забарвлення. Кристали кварцу утворилися у камерах в широкому діапазоні фізико-хімічних і термобаричних умов – головних чинників їхньої величини, кількості і якості кварцу, що їх складає. Із групи кварцу родовища вимогам ТУ до ювелірної сировини відповідають гірський кришталь, димчастий кварц, моріон, цитрин. Обсяги кварцу, використовувані в 1980–1990 рр. як сировина для ювелірної промисловості, опосередковано по родовищу складають до 5 %, кварцу, використовувані для комплектації розмаїтих колекцій – також близько 5 %, проте може бути збільшені при зростанні попиту на таку сировину.

Кристалізації в камерних пегматитах індивідів коштовного каміння з ідеальними кристаломорфологічними і гемологічними параметрами *(Вовк, 2016)* сприяли особливі фізико-хімічні умови мінералогенезу: високі температури, спокійні тектонічні умови у час між двома порушеннями пегматитів контракційними тріщинами, збагаченість $CO_2$, фтором і лугами флюїдного мінералоутворювального середовища *(Мінералоутворюючі..., 1971; Лазаренко и др., 1973; Наумко, 1986, 2006)*. Унікальні (ювелірні) кристали топазу («Золоте Полісся», «Джерельце», «Казка», «Академік Ферсман»), берилу («Апостоли Петро і Павло», «Академік Лазаренко», «Професор Павлишин»), кварцу, багатий колекційний і декоративний матеріал представлені у Музеї коштовного та декоративного каміння (смт. Хорошів (колишнє смт. Володарськ-Волинський) Житомирської області) як «Науковому об'єкті, що становить національне надбання України» *(Василишин та ін., 2001; Музей..., 2006; Яковлєва, Власюк, 2011)*. У залах музеїв найдосконаліші кристали топазу, берилу, моріону виглядають неперевершено. Через їхню високу цінність треба докласти значних зусиль і вжити відповідних заходів щодо поновлення видобутку цих чудових представників каменебарвного мінерального царства України.

**Висновки.** Камерні пегматити Коростенського плутону у північно-західній частині Українського щита – неминуще джерело коштовного каміння в Україні. Цей унікальний об'єкт формує практично єдину базу топазу і берилу – каменів-самоцвітів II і III порядку та ювелірного і п'єзооптичного кварцу, і цим визначається його неперевершена вартість у загальнодержавному масштабі для розвитку ювелірної промисловості.

## Список використаних джерел

Бартошинський З.В., Матковский О.И., Сребродольский Б.И. [2001] Акцесорный берилл из камерных пегматитов Украины // Минерал.сб. – № 23 – вып. 4. – С. 382-397.

Василишин І.С., Індутний В.В., Павлишин В.І., Лизун В.М., Індутна Т.В., Манохін О.Г., Манохіна Л.В., Максюта О.В. [2001] Музей коштовного і декоративного каміння. – Київ: Державний гемологічний центр України. – 100 с.

Вовк О.П. [2016] Кристаломорфологія топазу і берилу камерних пегматитів Коростенського плутону (північно-західна частина Українського щита) // Автореф. дис. … канд. геол. наук (прирівнюється до доктора філософії). – Київ. – 25 с.

Возняк Д.К. [2003] Флюїдні включення у мінералах як індикатори ендогенного мінералоутворення // Авторефер. дис. ... д-ра геол. наук. – Київ. – 36 с.

Возняк Д.К., Павлишин В.І. [2008] Фізико-хімічні умови формування та особливості локалізації заноришових пегматитів Волині (Український щит) // Мінерал. журн. (Mineral. Journ.). – Т. 30. – № 1. – С. 5-20.

Ивантишин М.Н., Клочков В.Т., Личак И.Л., Царовский И.Д. и Чернышкова Л.П. [1957] Пъезокварцевые пегматиты Волыни (Украинская ССР). – Киев: Изд-во АН УССР. – 204 с.

Лазаренко Е.К., Павлишин В.И., Латыш В.Т., Сорокин Ю.Г. [1973] Минералогия и генезис камерных пегматитов Волыни. – Львов: Вища школа. – 360 с.

Мінералоутворюючі флюїди та парагенезиси мінералів пегматитів заноришевого типу України (рідкі включення, термобарометрія, геохімія) [1971] / Відп. ред. В.А. Калюжний. – Київ: Наук. думка. – 216 с.

Музей коштовного та декоративного каміння. До 10-ї річниці [2006] / Ред. Н.В. Москалик. – Житомир: Житомирська облдрукарня. – 18 с.

Наумко И.М. [1986] Условия формирования камнесамоцветной и редкометальной минерализации в гранитных пегматитах Украинского щита (по данным исследования флюидных включений) // Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. – Львов. – 16 с.

Наумко І.М. [2006] Флюїдний режим мінералогенезу породно-рудних комплексів України (за включеннями у мінералах типових парагенезисів) // Авторефер. дис. ... д-ра геол. наук. – Львів. – 52 с.

Наумко І., Вовк О., Яковлєва В. [2018] Камерні пегматити Волині як перспективний і привабливий об'єкт геотуризму // Геотуризм: Практика і досвід: Мат-ли III міжнар. наук.-практ. конф. (Львів, 26-28 квітня 2018 р.). – Львів: Каменяр. – С. 151–153.

Павлишин В., Довгий С., Пащенко Є., Вовк О. [2017] Топаз в надрах України та в історії людства. Видання друге, доп. – Київ: Ін-т обдарованої дитини НАПН України. – 274 с.

Соболев В.С. [1947] Петрология восточной части сложного Коростеньского плутона // Ученые зап. Львов. гос. ун-та имени Ивана Франко. – Львов: Издание Львов. ун-та. – Т. VI. – Сер. геол.– Вып. 5. – 140 с.

Яковлєва В.В., Власюк Л.Л. [2011] Музей коштовного і декоративного каміння Міністерства фінансів України // Зап. Укр. мінерал. т-ва. – Т. 8. – С. 230-233.

Яковлєва В., Каменчук В. [2004] Берил України // Мінерал. зб. – № 54, вип. 2. – С. 189-194.
Naumko I. [2006] Fluid inclusion research in gems from chamber pegmatites of the Ukrainian shield // Mineralogia Polonica–Special Papers. – Vol. 28. – P. 157-159.
Pavlishin V.I., Dovgyi S.A. [2007] Mineralogy of the Volynian Chamber Pegmatites, Ukraine. – Mineralogical Almanac. – Moscow: EKOST Association. – Vol. 12. – 128 p.

## РЕЧОВИННІ ОСОБЛИВОСТІ ФЕНІТОВИХ ОРЕОЛІВ КАРБОНАТИТОВИХ МАСИВІВ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА Й ВОРОНЕЗЬКОГО КРИСТАЛІЧНОГО МАСИВУ

***Осипенко В.Ю.***

*ННІ «Інститут геології» Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, victoria.osipenko@gmail.com*

***The carbonatite massifs of the Ukrainian Shield (Chernihivka carbonatite, Proskurov massifs) and the Voronezh Crystalline Massif (Dubravinka carbonatite massif) are considered in the work. These arrays are similar in most features, but are characterized by different ore specializations, which may be due to differences in the composition of the mantle sections that were the sources of the respective arrays magmas. It is proposed to confirm or refute this assumption by studying the fenite halos rocks, which accompany the studied arrays.***

## MATERIAL FEATURES OF CARBONATITE MASSIFS FENITE HALOS OF UKRAINIAN SHIELD AND VORONEZH CRYSTALLINE MASSIF

***Osypenko V.Yu.***

**Вступ.** Український щит (УЩ) та Воронезький кристалічний масив (ВКМ) є складовими Сарматського блоку Східноєвропейської платформи. У їх межах представлені карбонатитові масиви лінійного типу: Чернігівський (ЧКМ) на УЩ та Дубравинський (ДКМ) на ВКМ, які віднесено до однієї – лужно-ультраосновної – формації. Їх подібність за різними ознаками встановлена давно, однак масиви відрізняються за рудним навантаженням: ЧКМ характеризується апатит-рідкіснометалевою спеціалізацією, а ДКМ – магнетит-апатитовою. У якості причин відмінної геохімічної спеціалізації припускається різний склад ділянки мантії, яка була джерелом магмогенерації.

**Аналіз попередніх досліджень, формулювання проблеми, актуальність її вирішення.** Масиви, що розглядаються, на сьогоднішній день вивчені досить комплексно *(Кривдик, Ткачук, 1990; Шеремет и др., 2019; Бочаров, Фролов, 1993; Шнюков, 1983)*, але фенітовим ореолам, що їх оточують, не було приділено належної уваги. Однак в останні роки було проведено ряд досліджень, безпосередньо спрямованих на вивчення хімічного складу порід фенітових ореолів та акцесорних мінералів з них для масивів Українського щита *(Шнюков та ін., 2015; Shnyukov et al., 2018 тощо)*, проведено деякі ізотопні дослідження. Для фенітів Дубравинського карбонатитового масиву такі дослідження представлені обмежено (*Бочаров, Фролов, 1993; Шнюков та ін., 2015*).

Чернігівський карбонатитовий масив (ЧКМ) УЩ та Дубравинський карбонатитовий масив (ДКМ) ВКМ характеризуються цілим рядом рис подібності, однак їх рудне навантаження відрізняється: у ЧКМ – апатит-рідкіснометалеве, у ДКМ – магнетит-апатитове. Причини цих відмінностей можуть бути пов'язані зі складом джерела речовини масивів, який можна встановити шляхом дослідження складу порід фенітових ореолів та зокрема акцесорних мінералів із них. Для деяких масивів УЩ досліджено склад елементів-домішок апатиту із порід фенітових ореолів, для фенітового ореолу ДКМ це є перспективною задачею.

**Фактичний матеріал та методологія досліджень.** Фактичний матеріал представлений оригінальними колекціями зразків керну, прозорих шліфів та геохімічних проб для обох масивів. Для ЧКМ досліджено ~600 зразків із 35 свердловин. Колекція по ДКМ представлена 79 зразків із 4 свердловин.

Комплекс аналітичних досліджень, проведених для ЧКМ, включав визначення вмістів усіх петрогенних та максимально широкого переліку мікроелементів у породах рентгеноспектральним методом, а також визначення вмісту елементів-домішок, у першу чергу Sr та Y, в кристалах апатиту із цих порід.

Такий же комплект даних отримано для Проскурівського масиву (ПМ) лужних порід, розташованого в західній частині УЩ. У колекції, яка характеризує ПМ, представлено ~300 зразків. У ньому не виявлено карбонатитів, але він віднесений до лужно-ультраосновної формації, тому також буде задіяний до порівняння з ЧКМ та ДКМ.

Для адекватного порівняння фенітових ореолів розглянутих масивів необхідно виконати аналогічний комплекс досліджень і для ДКМ.

**Отримані результати, їх обговорення.** На сьогоднішній день проведено порівняння хімічного складу порід фенітових ореолів ЧКМ і ДКМ *(Шнюков та ін., 2015)*. Дані хімічного складу цих порід свідчать про те, що направленість процесу фенітизації була подібною для двох масивів. Феніти ДКМ не порівнювались із ПМ, але виходячи з порівняння процесів метасоматичного перетворення порід рами ЧКМ і ПМ, можна говорити і про подібність цих процесів для ПМ і ДКМ.

В акцесорних мінералах (у даному випадку в апатиті), які чутливо реагують на зміну середовища формування фенітів, для ПМ і ЧКМ було визначено кількісний склад елементів-домішок – у першу чергу Sr, Y, LREE, а також постійно контролювалась відсутність Rb з метою подальшого аналізу ізотопного складу Sr у досліджених кристалах апатиту. Вивчення ізотопного складу Sr апатитів із порід фенітових ореолів масивів, що розглядаються, буде продовжуватись.

**Висновки.** За умови виконання запланованого комплексу досліджень, аналогічного до проведеного для ЧКМ та ПМ, для порід фенітового ореолу ДКМ буде отримано комплект даних, на основі яких можна розрахувати склад флюїду, що спричинив фенітизацію. Ці дані будуть доповнені значеннями відповідних коефіцієнтів розподілу між мінералом і флюїдом для мікроелементів, визначених в акцесорних мінералах.

**Список використаних джерел:**

Бочаров В.Л., Фролов С.М. [1993] Апатитоносные карбонатиты КМА. – Воронеж : МП «Петровский сквер». – 123 с.

Кривдик С.Г., Ткачук В.И. [1990] Петрология щелочных пород Украинского щита. – Львов: ЗУКЦ,– 366 с.

Шеремет Е.М., Дубина А.В., Кривдик С.Г. и др. [2019] Новополтавское (Черниговское) карбонатитовое апатит-редкометальное месторождение Украинского щита. – Харьков : ФЛП Мезина В.В. – 198 с.

Шнюков С.Е. [1983] Особенности процесса фенитизации Черниговского карбонатитового комплекса Восточного Приазовья // Геол. журнал. – № 4. – С. 52-61.

Шнюков С.Є., Лазарєва І.І., Никанорова Ю.Є., Морозенко В.Р. [2015] Співставлення геологічної позиції, складу та геохімічних особливостей Дубравинського (Воронезький щит) та Чернігівського (Український щит) карбонатитових масивів // Геолого-мінералогічний вісник Крворізького національного університету. – Вип. 1-2. – С. 70-78.

Shnyukov S., Osypenko V., Andreev O. [2018] Accessory minerals trace elements geochemistry as a tool for carbonatites genetic features study (ChCM and PM of the USh as an example) // VII International conference of young scientists & students (Dedicated to the 80th anniversary of Institute of Geology & Geophysics) «Information technologies in solving modern problems of geology and geophysics» (October 15-18, 2018, Baku, Azrbaijan). – P. 76-78.

## ПЕРВИННІ ВКЛЮЧЕННЯ В МІНЕРАЛАХ – ЦЕ «ПРИРОДНІ АВТОКЛАВИ», В ЯКИХ УТВОРЮЮТЬСЯ МІКРО- ТА НАНОКРИСТАЛИ АЛМАЗІВ В ПРОЦЕСІ ДИНАМОМЕТАМОРФІЗМУ

***Павлов Г.Г.[1], Павлова О.О.[2]***

*[1]Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П.Семененка НАН України, Київ, genychpavlov@gmail.com*
*[2]ННІ «Інститут геології»-Київського національного університету імені Тараса Шевченка Київ, olenapavlova@gmail.com*

***It is assumed that there are two types and mechanisms of natural synthesis of metamorphogenic origin diamonds on the example of the Kokchetav massif in Kazakhstan. The first "twisting" mechanism is realized due to the older metamorphogenic graphite deposited along cracks in rock-forming minerals and in the intergranular space (open crystallization systems). The second "torsion" mechanism occurs when the host mineral is deformed. It is realized the sealed inside primary inclusions due to carbon components conserved in them (closed, autoclave synthesis conditions). Both the first and second mechanisms of crystallization of nano-microdiamonds are realized locally (or pointwise) in interplate shear zones under transpression conditions at pressures exceeding the graphite-diamond equilibrium level.***

## PRIMARY INCLUSIONS IN MINERALS ARE "NATURAL AUTOCLAVES" IN WHICH MICRO- AND NANOCRYSTALS OF DIAMONDS ARE CRYSTALLIZED IN THE PROCESS OF DYNAMOMETAMORPHISM

***Pavlov G.G., Pavlova O.O.***

**Вступ.** Майже напіввікове вивчення метаморфогенних проявів нано- та мікроалмазів не привело дослідників до можливого механізму та джерела виникнення проявів та родовищ нано- та мікроалмазів в метаморфічних породах. Воно тільки наблизило їх до розуміння гетерогенності алмазоутворення в самих різних геологічних ситуаціях та із різних джерел.

**Фактичним матеріалом** для вирішення проблеми механізму та умов кристалізації нано- та мікроалмазів в метаморфічних породах, явилися опубліковані матеріали польових та лабораторних досліджень, головним чином, алмазвмісних метаморфічних порід Кокчетавського масиву, мінералів-господарів алмазної наномінералізації, а також морфології та структури метаморфогенних алмазів. Був врахований і світовий досвід з цього питання.

**Аналіз попередніх досліджень. Отримані результати, їх обговорення.** Значний вклад у дослідження проблеми виникнення метаморфогенної алмазної мінералізації внесли такі корифеї петрології, як В.С.Шацький, Н.В.Соболев, М.А.Вавілов, Н.В.Добрецов, Ф.А.Лєтніков та багато інших. Найбільш повний перелік дослідників та їхніх напрацюваннь по казахським метаморфогенним алмазам наводяться в дисертаціях та в наукових публікаціях Є.С. Ситнікової *(Ситникова, Шацкий, 2009; Ситникова, 2010)* й Д.С. Михайленко *(Михайленко, Щепетова и др. 2018)*

Узагальнення результатів досліджень, отриманих цими дослідниками, приводить до висновку, що фактично кожний нанокристал алмазів, що заключений в породотвірні мінерали, є ексклюзивним продуктом перетворення в первинних або первинно-вторинних вуглецьвмісних однофазних чи багатофазних включень, які окрім карбону мають в своєму складі азот, бор, водень, метан, рідкісні та розсіяні елементи, а також тверді компоненти – графіт, циркон, монацит, апатит, оксиди та сульфіди металів. Їхня композиція (набір та співвідношення) контролювався складом вмісних метаморфічних порід та мінералів-господарів і контролювався PT умовами на момент консервації включень в процесі метаморфізму, що передував етапу алмазоутворення. Тому традиційний підхід до інтерпретації отриманих даних не дозволяє однозначно визначити параметри складу середовища, а також механізму та інших умов кристалізації нано-мікрокристалів алмазу та їхнього парагенезису в кожному конкретному випадку.

На нашу думку, вихід із цієї ситуації з’явився завдяки роботам міжнародної групи дослідників з Австралійського національного університету(ANU) та Університету RMIT *(Thomas et al., 2016; та інші)* у яких в процесі есперименту синтезу лонсдейліту в автоклаві, при нормальних температурах, окрім лонсдейліту, утворилися нанокристали алмазу, появу яких вони пояснили механізмом сковзання-скручування при стисненні. Схожу думку в свій час висловив Ф.А. Летніков (*Летников, 1983),* вважаючи, що метаморфогенні алмази утворилися при динамометаморфізмі надвисоких тисків в графітвмісних породах за механізмом зсув-сколювання-сковзання. Проте, і ця точка зору не пояснювала утворення алмазів-включень в породотвірних мінералах.

Аналізуючи результати австралійського експерименту нами пропонується дещо інша інтерпретація природного процесу синтезу нано-мікроалмазів. За відправну точку приймається теза – алмази-включення синтезуються з карбонвмісних компонентів, законсервованих в породотвірні мінерали під час регіонального метаморфізму палеопротерозойського віку. Склад кожного включення є ексклюзивним на момент консервації.

Кожне включення, по своїй суті, є «природним мікроавтоклавом», що заповнений вуглецем, супутніми компонентами та потенційними каталізаторами синтезу.

У період тектонічної активізації, що відповідав колізійному режимові в шовних міжтерейнових зонах зсуву, в умовах транспресії, відбувалися динамометаморфічні перетворення кристалічних порід протолітів, що охопили, як власне протоліти, так і окремі зерна мінералів з законсервованими в них включеннями. Високобаричне перетворення наповнювачів включень відбувалося в ізольованих умовах під дією торсійних напружень в момент скручування кристалічних решіток мінералів-господарів при їхній деформації за механізмом «torsion» (стиснення-скручування) на межі рівноваги графіт-алмаз.

Утворення алмазів могло відбуватися також по тріщинах, що заповнені графітом, за механізмом «twisting» (стиснення-сковзання-скручування), як в середині зерен породотвірних мінералів, так і на контактах їх між собою на маківках стиснення через проміжну фазу утворення графена або фуларена.

**Висновки.** Таким чином, наявність одночасно відкритих та закритих систем кристалізації нано-мікроалмазів, а також неоднорідність складу та розподілу речовини, в якій відбувався природний синтез алмазів, призвів до багатоваріантності поглядів при інтерпретації отриманих результатів досліджень.

Подальше поглиблене вивчення складу, внутрішньої будови, характеру взаємодії наповнювача включень з мінералом-господарем, а також характеру деформації його структури із морфологією кристалів алмазів, дозволить розширити уявлення про дію «торсійних» та «твістингових» явищ на процес кристалізації алмазів, а також на можливості розробки нових технологій отримання штучних алмазів та надтвердих мінералів заданих параметрів.

**Список використаних джерел:**

Летников Ф.А. [1983] Образование алмазов в глубинных тектонических зонах // Доклады Академии Наук СССР. – Т. 271. – №2. – С. 433–435.

Михайленко Д.С., Щепетова О.В. и др. [2018] Новые данные о взаимоотношениях графита и алмаза в гнейсах Кокчетавского массива (Северный Казахстан) // Доклады академии наук. – Т. 480. – №6. – С.713–716.

Ситникова Е.С. [2010] Взаимоотношение алмазоносности с минералого-геохимическими особенностями метаморфических пород / Диссертация на соискание Учен. Степ. Кандидата геол.-мин. наук по специальности ВАК 25.00.05. – Новосибирск. – 183 с.

Ситникова Е.С., Шацкий В.С. [2009] Новые данные о составе среды кристаллизации алмазов в метаморфических породах Кокчетавского массива по результатам ИК-Фурье спектроскопии // Геология и геофизика. – Т. 50. – №10. – С.1095–1103.

Thomas B. Shiell, Dougal G. McCulloch, Jodie E. Bradby, Bianca Haberl, Reinhard Boehler & David R. McKenzie [2016] Nanocrystalline hexagonal diamond formed from glassy // carbonScientific Reports | 6:37232 | DOI: 10.1038/srep37232 Published: 29 November 2016.

https://edition.cnn.com/style/article/diamonds-from-sky-scli-intl-gbr/index.html

https://scitechdaily.com/scientists-defy-nature-making-diamonds-in-minutes-at-room-temperature/

# ПЕТРОХИМИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ МЕТАПСЕФО-ПСАММИТОВЫХ АССОЦИАЦИЙ УКРАИНСКОГО ЩИТА И ЕЕ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ЛИТОГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ И МЕЖРЕГИОНАЛЬНЫХ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ КОРРЕЛЯЦИЙ

***Покалюк В.В.[1], Коржнев М.Н.[2]***

*[1]Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України, Київ, pvskan@ukr.net*
*[2]Інститут телекоммунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, Київ, mnkorzhnev@gmail.com*

***Petrochemical comparison of controversial highly metamorphosed metapsephite-psammitic associations of the Early Precambrian of the Ukrainian Shield with reference weakly metamorphosed metapsephite-psammites of the Paleoproterozoic of the Krivoy Rog basin provides important additional material for judging the initial nature of highly metamorphosed objects and their probable correlative stratigraphic position.***

# PETROCHEMICAL TYPIZATION OF METAPSEFITES-METAPSAMMITES OF THE UKRAINIAN SHIELD AND ITS SIGNIFICANCE FOR LITHOGENETIC RECONSTRUCTIONS AND INTER-REGIONAL STRATIGRAPHIC CORRELATIONS

***Pokalyuk V.V., Korzhnev M.N.***

**Вступление. Формулирование проблемы.** Сама идея типизации метапсефитов на петрохимической основе может показаться маловероятной и непродуктивной по причине неоднородности состава обломков и соотношений между галечным материалом и заполнителем. Обобщающие работы на эту тему нам пока не известны, хотя отдельные попытки предпринимались *(Кренделев, 1974).* В.З. Негруца (1990) разделил все многообразие метаконгломератов Балтийского щита по степени мафичности-саличности на четыре формации: мафитовую, переходную (мафит-салическую), салическую, и кварцевую. В то же время широко известны петрохимические классификации и диаграммы для псаммитовых пород Ф. Петтиджона, А.Н. Неелова, А.А. Предовского, М. Хиррона, Х. Несбита и Дж. Янга, Я.Э. Юдовича, Б. Роузера и Р. Корша, Дж. Мейнарда, М. Бхатиа. Поскольку в грубообломочных породах между составом заполнителя/цемента и обломков существует теснейшая связь, полностью правомочно использование всех этих классификаций и диаграмм и при изучении собственно конгломератов, при этом химический состав заполнителя в большинстве случаев вполне адекватно отражает валовый химический состав конгломератов.

**Анализ предыдущих исследований и методология**. Весьма полезным и информативным при изучении химизма псефитовых пород является сериальный подход, когда анализируется вся совокупность взаимосвязанных гранулометрических парагенезисов грубокластических терригенных серий – конгломерат-гравелит-песчаник-алевролит. Пелитами, как малозначимыми членами грубокластических серий, в данном случае можно пренебречь. Ранее авторами *(Покалюк, 2017; Покалюк, Сукач, 2015; Коржнев, Покалюк, 2013)* на основании статистической обработки большого массива петрохимических данных (около 1000 полных силикатных анализов) по метаосадочным породам Криворожской структурно-формационной зоны (КСФЗ) Украинского щита (УЩ) была впервые осуществлена типизация метаосадочных петрохимических серий КСФЗ. Было установлено, что все метаседиментогенные образования КСФЗ (от мезоархея до верхов палеопротерозоя) принадлежат к двум петрохимическим сериальным типам: 1 – высокодифференцированному, протогумидному, кварцево (псефо-псаммит) → высокоглиноземно (пелит) → железисто-кремнистому (пелит-коллоидному); 2 – низкодифференцированному, промежуточному между гумидными и аридными сериями, граувакковому (псефо-псаммит-алевритовому). В архей-палеопротерозойском геологическом разрезе КСФЗ происходит последовательная смена снизу вверх метаосадочных формаций первого сериального типа формациями второго типа. Это свидетельствует об эволюции климатических условий данного региона от протогумидных в архее и начале палеопротерозоя к субаридным в конце палеопротерозоя. На основании петрохимических реконструкций был сделан важнейший вывод об эволюции условий гипергенеза для региона КСФЗ – интенсивность процессов химического выветривания (степень гидролиза) эволюционно снижалась от высокой степени в мезоархее до умеренно-высокой в начале палеопротерозоя и слабой в конце палеопротерозоя. Вполне очевидно, что указанная схема может быть принята и для всего УЩ. Эта общая последовательность изменений степени гидролиза на водосборах в раннем докембрии УЩ имеет первостепенное значение для выяснения "степени зрелости" крупных литостратиграфических последовательностей, и, в частности – эволюции состава грубoтерригенных псефо-псаммитовых ассоциаций.

В качестве типоморфных слабометаморфизованных эталонов псефо-псаммитовых толщ, принадлежащик к вышеуказанным двум различным петрохимическим сериальным типам, мы будем здесь использовать отложения скелеватской и глееватской свит криворожского палеопротерозойского разреза, как наиболее конгломератоемких, наиболее полно изученных, принадлежащих к разным этапам геотектонического развития и обладающих четкой индивидуальностью своих петрохимических признаков. Стратиграфическая позиция и относительный возраст указанных свит определены вполне надежно – скелеватская свита фиксирует базальное основание разреза палеопротерозоя, в то время как глееватская свита – верхнюю часть разреза палеопротерозоя. Петрохимически грубoтеригенные отложения скелеватской и глееватской свит разительно отличаются друг от друга *(Кулиш и др., 2007; Покалюк, Сукач, 2015)* – их петрохимические шлейфы на диаграммах не совпадают и практически не перекрываются (рис. 1). Они характеризуют два крупных исторических этапа развития региона с различным тектоническим режимом и палеогеографическими условиями литогенеза.

Метапсефо-псаммиты скелеватской свиты по своему химизму соответствуют/подобны платформенным континентальным высокозрелым (монокварцевым и олигомиктовым) терригенным сериям фанерозоя, сформированным в условиях умеренно гумидного климата с преобладающим каолин-гидрослюдистым профилем выветривания. Они относятся к низконатриевым и высококалиевым породам, что типично для континентальных псаммитов. Кроме того, большинство имеет низкие содержания кальция и пониженную фемичность. Они отвечают петрохимическим типам (по Ф.Петтиджону и М.Хиррону): от кварцевых аренитов до аркозов и субаркозов. В отличие от отложений скелеватской свиты метапсефо-псаммиты глееватской свиты характеризуются значительно большей фемичностью, более высокими содержаниями кальция и натрия. Петрохимически они соответствуют бассейновым субграувакково-граувакковым ассоциациям пород, сформированным в пределах областей с относительно активным тектоническим режимом (рециклированный континентальный ороген) и семигумидными-семиаридными климатическими условиями.

Учитывая установленные кардинальные различия в химизме метапсефо-псаммитов указанных свит, мы можем использовать их в качестве руководящих или отправных эталонов при сопоставлении с другими метапсефо-псаммитовыми ассоциациями УЩ, в том числе высокометаморфизованными конгломератовидными породами спорного генезиса и возраста. Здесь открываются дополнительные возможности для генетических реконструкций и межрегиональных стратиграфических корреляций на петрохимической основе в пределах всего УЩ.

**Фактический материал.** Нами собрана и проанализирована выборка 451 полных силикатных анализов метапсефито-псаммитовых пород УЩ, в том числе высокометаморфизованных спорного генезиса, из опубликованных и неопубликованных источников (рис. 1). Главный объем выборки составили анализы валовых проб, а также анализы, характеризующие заполнитель/цемент метапсефитов. Анализы по отдельным галькам исключались.

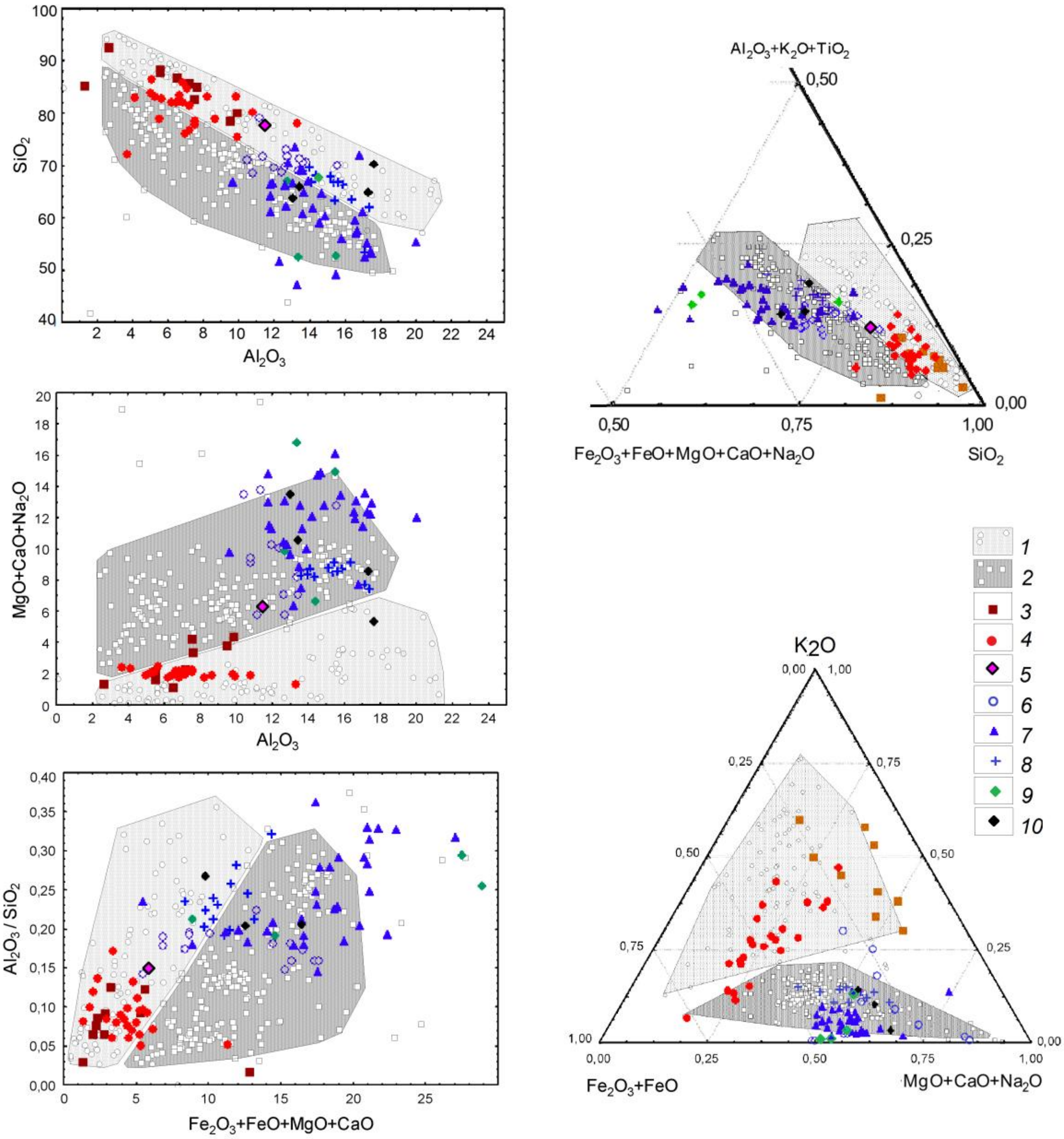


**Рисунок 1.** *Сопоставление химического состава высокометаморфизованных конгломератовидных пород УЩ со слабо метаморфизованными груботерригенными осадками скелеватской и глееватской свит палеопротерозойского разреза Криворожской структуры: 1 – высокозрелый шлейф груботерригенных (псефиты-псаммиты-алевриты) метаосадков скелеватской свиты; 2 – незрелый субграувакково-граувакковый шлейф груботерригенных (псефиты-псаммиты-алевриты) метаосадков глееватской свиты; 3 – метапсаммитовые кварциты Мариупольского участка Центрального Приазовья; 4 – метапсефо-псаммитовые кварциты нижнедибровской свиты Северного Приазовья; 5 – метаконгломерат (биотитовый плагиогнейс с галькой кварца) Сорокинской ЗС, р. Берда, устье б. Собачья, крутобалковская свита; 6 – метапсефо-псаммиты Звенигородско-Шполянского участка; конгломератовидные породы (пироксен-плагиоклазовые гнейсы и кристаллосланцы) окрестностей г. Первомайска (Побужье); 8 – ингульские гнейсы метапсаммо-алевритовые; 9 – конгломератовидные породы (плагиогнейсы и кристаллосланцы) участка слияния рек Великая Высь, Горный Тикич, Гнилой Тикич; 10 – конгломератовидные породы (плагиогнейсы и кристаллосланцы) тетеревской серии Радомышльского участка.*

**Полученные результаты и их обсуждение.** Результаты петрохимических сопоставлений проиллюстрированы на рис. 1. Фигуративные точки анализов сопоставляемых объектов на серии петрохимических диаграмм вполне отчетливо разделяются на две отдельные группы (облака рассеяния), которые попадают в различные эталонные области/шлейфы метаосадков. К первой группе относятся метапсефо-псаммиты Дибровского и Мариупольского участков Приазовья; они соответствуют скелеватскому эталонному шлейфу – высокозрелому петрохимическому типу груботерригенных осадков. Вторая группа объединяет конгломератовидные породы Радомышльского участка тетеревской серии, окрестностей г. Первомайска и участка слияния рек Великая Высь, Горный Тикич, Гнилой Тикич, метапсефо-псаммиты Звенигородско-Шполянского участка, а также ингульские метапсаммо-алевритовые гнейсы. Эта группа хорошо корреспондируется с глееватским эталонным шлейфом – незрелым субграувакк-граувакковым петрохимическим типом осадков. Единичный анализ метапсефо-псаммита Сорокинской структуры занимает промежуточное положение, тяготея все же к скелеватскому эталонному типу.

**Выводы.** Таким образом, использование петрохимических сопоставлений дает нам очень важный дополнительный материал для суждений об исходной природе конгломератовидных пород спорного генезиса и их вероятной коррелятивной стратиграфической позиции:

1. Все изученные высокометаморфизованные (в амфиболитовой и гранулитовой фациях) и интенсивно динамометаморфизованные конгломератовидные породы спорного генезиса, а именно, Радомышльского участка тетеревской серии, г. Первомайска, участка слияния рек Великая Высь, Горный Тикич, Гнилой Тикич, участков Приазовья – Мариупольского, Крутобалкинского и Дибровского, – по своему химизму вполне соответствуют первично осадочным груботерригенным породам.

2. Петрохимически подтверждаются представления авторов о вероятной коррелятивной позиции спорных метапсефито-псаммитовых объектов УЩ, основанные ранее на лито-петрографических, структурно-тектонических и формационных признаках: 1) метакластогенные образования Приазовского мегаблока (Дибровского и Мариупольского участков) соответствуют высокозрелому петрохимическому типу груботерригенных осадков (скелеватскому) и могут быть рассмотрены как относящиеся к соответствующему стратиграфическому уровню, то есть к низам палеопротерозоя; 2) метапсефито-псаммитовые объекты западной половины УЩ – Радомышльского участка тетеревской серии, Звенигородско-Шполянского участка Приингулья, участка слияния рек Великая Высь, Горный Тикич, Гнилой Тикич, а также окрестностей г. Первомайска – соответствуют незрелому субграувакк-граувакковому петрохимическому типу осадков (глееватскому) и могут быть отнесены к соответствующему стратиграфическому уровню, то есть к верхам палеопротерозоя.

## Список использованных источников:

Коржнев М.Н., Покалюк В.В. [2013] Метаосадочные петрохимические серии – критерий палеоклиматических реконструкций в раннем докембрии Криворожско-Кременчугской структурно-формационной зоны Украинского щита // Доповіді НАН України. – №8. – С. 120-127.

Кренделев Ф.П. [1974] Металлоносные конгломераты мира. – Новосибирск: Наука. – 238 с.

Кулиш Е.А., Покалюк В.В., Яценко В.Г. [2007] Петрохимия раннепротерозойских метакластолитов нижней свиты Кривбасса в связи с условиями их седиментации. – Киев: Логос. – 76 с.

Негруца В.З. [1990] Докембрийская формация кварцевых конгломератов Балтийского щита. – Апатиты. – 149 с.

Покалюк В.В. [2017] Литогенез в раннем докембрии Криворожского железорудного бассейна. – LAP LAMBERT Academic Publishing:– 461 p. (ISBN 978-3-330-32486-6).

Покалюк В.В., Сукач В.В. [2015] Литохимия метакластогенных осадков верхов палеопротерозоя Криворожского железорудного бассейна в аспекте палеогеографических и палеотектонических условий формирования // Науковий вісник національного гірничого університету. – № 2. – С. 14-23.

## САМАРІЙ-НЕОДИМОВИЙ ВІК ЗА АПАТИТОМ ДІОРИТОЇДІВ ГАЙСИНСЬКОГО БЛОКУ (УКРАЇНСЬКИЙ ЩИТ)

***Решетник М.М.[1], Шумлянський Л.В.[2], Степанюк Л.М.[3], Заяць О.В.[3]***

*[1]Національний науково-природничий музей НАН України, Київ,*
*reshetnykmariya@gmail.com*
*[2]Університет Кьортіна, Перт, Австралія, Leonid.Shumlyanskyy@curtin.edu.au*
*[3]Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка НАН України,*
*Київ, stepaniuk@nas.gov.ua, zaiats@nas.gov.ua*

***The authors have studied rocks located in the southwestern part of the Ros-Tikych region of the Ukrainian Shield. On the existing geological map, these rocks are indicated as enderbites. The chemical composition of the rocks has been analyzed, demonstrating that these rocks do not belong to enderbite, but can be rather described as monzonites and monzosyenites. According to the Sm-Nd apatite age, they were formed at 2100 ± 150 Ma, in good agreement with the previously reported U-Pb zircon and monazite ages. The εNd values, calculated according to the isochron, is -5, indicating their origin due to the remelting of the Mesoarchean rocks.***

## APATITE Sm-Nd AGEOF DIORYTE OF THE GAISYN BLOCK, THE UKRAINIAN SHIELD

***Reshetnyk M.M., Shumlyanskyy L.V., Stepanyuk L.M., Zaiats O.V.***

**Вступ.** Пошук корисних копалин, особливо нових їх типів, які відповідають сучасним потребам промисловості, не може здійснюватися навмання, йому має передувати якісна геологічна зйомка. Сучасні аналітичні методи і останні досягнення геологічної науки дають нові можливості для розшифровки геологічної будови таких складно побудованих ділянок докембрійського фундаменту, як Гайсинський блок (південно-західна околиця Росинсько-Тікицького мегаблоку). Отримані нами результати геохімічного аналізу та визначення вік гірських порід Гайсинського блоку дають нові уявлення про їх походження, а отже і розуміння геологічної будови.

**Аналіз попередніх досліджень, формулювання проблеми, актуальність її вирішення, задачі дослідження.** Гайсинський блок представлений метаморфічними піроксеновими гнейсами і кристалосланцями, що відносяться до дністровсько-бузької серії архейського віку, ультраметаморфічними палеопротерозойськими біотитовими та лейкократовими гранітами, плагіогранітами і гранодіоритами *(Кор. Схема, 2004).* Є серед цього різноманіття і тіла ендербітів. Тут виділяють Гайсинський собітовий комплекс, що не схожий на жоден інший *(Щербаков, 2005).* Адже у одному відслоненні можна побачити безперервний ряд: діорит - кварцовий діорит - гранодіорит - амфібол-біотитовий граніт - біотитовий граніт - рожевий апліто-пегматоїдний граніт. Саме такий ряд і асоціюють з поняттям «собіт», хоча за петрографічним визначенням собіт є синонімом гранодіориту *(Рябоконь, 1977).* Така ж ситуація описана і для палеопротерозойського плутону Луяшань у Північно-Китайському кратоні, де ендербіт-чарнокіти, тонко перешаровані і в межах 1-2см можна побачити як ендербіт, так і чарнокіт, що складений з ортопіроксену, біотиту, плагіоклазу, калієвого польового шпату, кварцу, ільменіту, магнетиту та пірротиту *(Samuel et al., 2020).*

Ендербіти здебільшого є найдавнішими гірськими породами, тому відслонення, де їх було позначено на геологічній карті,і стало об’єктом наших досліджень. У роботі виконано аналіз хімічного складу та визначено вік гірських порід Гайсинського блоку з метою розширення уявлень про генезис та час формування.

**Фактичний матеріал та методологія досліджень.** Автори дослідили гірські породи (зразки 8-2078 та 19-2078), відібрані з відслонення, що розташоване на півночі від с. Ситківці, що знаходиться в 40 км на схід від м. Немирів, Винницька обл. Відслонення представлене макроскопічно досить однорідними середньо- та крупнозернистими, іноді порфіроподібними, зеленувато-сірими породами масивної текстури. В межах сіл Ситківці, Рубіжне, Юрківці, виділяється Ситківецький ендербітовий «масив», тут на геологічній карті масштабу 1:50000 (М-35-120 А, Гайсин) позначено більше десятка тіл ендербітів розмірами сотні метрів *(Reshetnyk, Starokadomskiy, 2021).* Нами вивчено зразки з єдиного відслонення, що розташоване на території, де позначене тіло ендербітів. Воно вміщує тіло кристалосланців, і з заходу межує з тілом діоритів. В цілому на цій території тіла кристалосланців і ендербітів, а також діоритів оточені плагіогранітами та гранодіоритами. Територія є прилеглою до Немирівсько-Кочерівської шовної зони *(Бурахович та ін., 2015).*

Мікроскопічні дослідження виконані в ННІ «Інститут геології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка (КНУТШ) та в Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України (ІГМР). Вивчення прозорих та прозоро-полірованих шліфів проведене на мікроскопах «Полам РП-1» з приставками для мінераграфічних досліджень, на растровому електронному мікроскопі-мікроаналізаторі РЕММА-202М з енергодисперсійним рентгенівським спектрометром «Linksystems». Визначення ізотопного складу неодиму виконувалося по індивідуальним кристалам апатиту методом лазерної абляції з мас-спектрометрією індуктивно-пов’язаної плазми в університеті Кьортіна, Перт, Австралія. Розмір аналітичної точки під час досліджень становив 68 мікрон.

**Отримані результати, їх обговорення.** Було виконано хімічний аналіз двох зразків і проведено їх петрографічне вивчення. Не зважаючи, на те що зразки були відібрані з одного відслонення їх хімічний склад відрізняється (табл. 1).

За вмістом $SiO_2$ (60,94 та 58,69 %) породи належать до середніх. Окрім того, вони мають підвищену лужність $(K_2O+Na_2O)$ = 9,75 та 6,87 %.

Один зразок (8-20-7-8) за класифікацією І.Б. Щербакова *(Щербаков, 2005)* є монцоніт-чарнокітом, адже замало кварцу, як для чарнокіту (Pl –30%, K-Fsp – 45%, Q – 10%, Bt – <1%, CPx – 10%, OPx – 5%). Інший зразок (19-20-7-8) за мінеральним складом можна віднести до діориту (Pl – 75%, K-Fsp – <5%, Q – 5%, Bt – 3%, CPx –5%, OPx – 7%, Hbl – 1%). За класифікацією Міделмоста *(Міделмост, 1994)* розробленою для плутонічних порід наші зразки належать один (8-20-7-8) до монцосієніту, а другий (19-20-7-8) до монцоніту, що близький до монцодіориту та діориту (Рис. 1).

**Таблиця 1. Хімічний склад (%) і вміст елементів домішок (г/т) собітів із Гайсинського блоку Росинсько-Тікицького мегаблоку**

| Компонент | 8-2078 | 19-2078 | Компонент | 8-2078 | 19-2078 |
|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 60.94 | 58.69 | Th | 10 | <5 |
| $TiO_2$ | 0.11 | 0.09 | U | <5 | <5 |
| $Al_2O_3$ | 18.42 | 20.92 | Ba | 1888 | 151 |
| FeO | 5.90 | 6.71 | La | 46 | 43 |
| MnO | 0.12 | 0.13 | Ce | 106 | 90 |
| MgO | 2.27 | 2.74 | Pr | 13 | 10 |
| CaO | 2.84 | 5.50 | Nd | 50 | 38 |
| $Na_2O$ | 3.21 | 5.97 | Sm | 10 | 7 |
| $K_2O$ | 6.54 | 0.90 | Eu | 1.3 | 1.3 |
| $P_2O_5$ | 0.71 | 0.51 | Gd | 8.5 | 5.7 |
| S | 0.17 | 0.36 | Tb | 1.1 | 0.7 |
| Cu | 27 | 44 | Dy | 5.6 | 4.1 |
| Zn | 77 | 98 | Ho | 1 | 0.7 |
| Ga | 14 | 17 | Er | 2.5 | 1.9 |
| Rb | 118 | 12 | Tm | 0.3 | 0.2 |
| Sr | 337 | 339 | Yb | 2 | 1.6 |
| Y | 34 | 22 | Lu | 0.3 | 0.2 |
| Zr | 33 | 35 | ΣРЗЕ | 247 | 205 |
| Nb | <5 | <5 | $(La)_N/(Lu)_N$ | 15.57 | 18.33 |
| Pb | 27 | 12 | Eu/Eu* | 0.44 | 0.62 |

Зразок 19-20-7-8 на діаграмі Міделмоста лягає близько до «поля» у яке вкладаються ендербіти і чарнокіти Гайворонського і Літинського комплексів. Але все ж таки за мінеральним складом до чарнокітів близький зразок 8-20-7-8. Ендербітів виявити не вдалося.

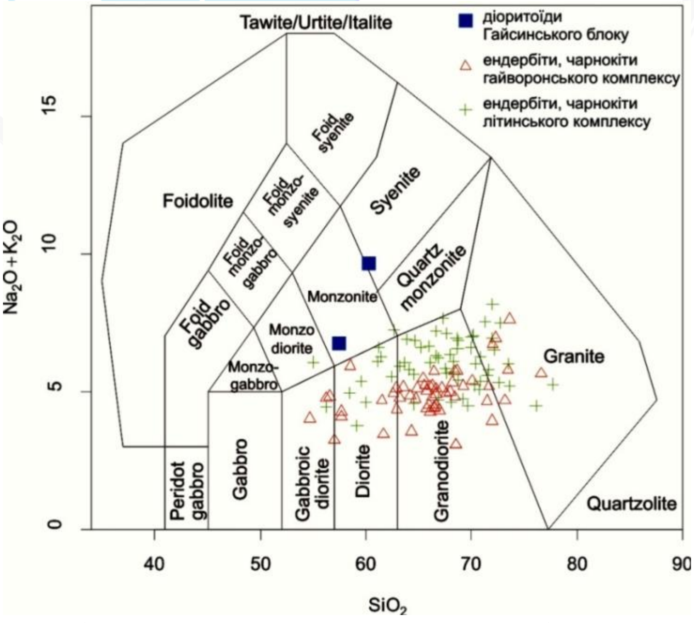


***Рисунок 1.*** *Класифікаційні діаграми для порід Гайсинського блоку Росинсько-Тікицькогорайону (досліджені зразки позначені темними квадратами), та ендербітів, чарнокітів Гайворонського і Літинського комплексів Дністерсько-Бузького району (дані взяті з (Кривдик, 2011)).*

Для визначення часу формування порід самарій-неодимовим ізотопним методом ми датували апатити з проби 8-20-7-8 (монцо-чарнокіт). Згідно із Sm-Nd ізохроною, вік складає 2100±150 млн. років (рис. 2).

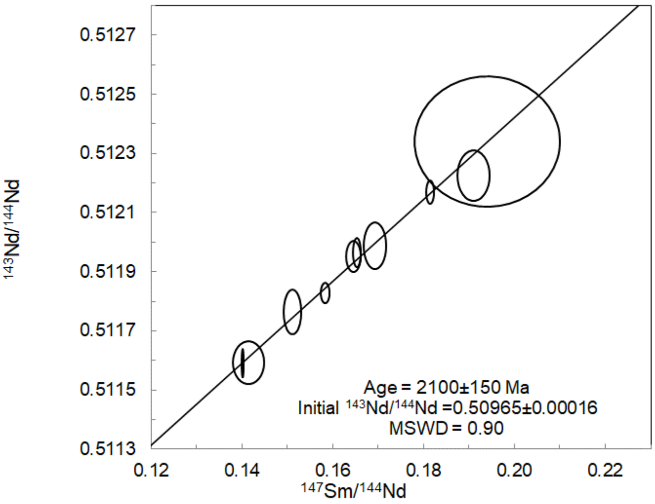


***Рисунок 2.*** *За Sm-Nd ізохроною, вік порід складає 2100±150 млн. років.*

Цей вік в межах похибки відповідає віку собітів (амфібол-біотитових гранітів), відслонених неподалік у кар’єрі с. Нижча Кропивна, вік яких становить 2049 ± 3 млн років *(Степанюк та ін., 2017).* Вік монацитів із вивчених нами зразків становить 2027±6 млн. років *(Решетник та ін., 2020).*

Розрахована за ізохроною величинаεNd в апатитах дорівнює -5, що свідчить про тривалу корову передісторію досліджених порід. Вірогідно, вони утворювалися за рахунок переплавлення мезоархейської континентальної кори. Породи мезоархейського віку (біля 3,0-2,8 млрд років) широко розповсюджені на заході УЩ *(Пономаренко та ін., 2010; Степанюк та ін., 2020; Shumlyanskyy et al., 2021)*, і їх плавлення в палеопротерозої мало призвести до утворення порід з ізотопними характеристиками, які спостерігаються в діоритоїдах Гайсинського блоку. За своїми характеристиками ці породи різко відмінні від ювенільних палеопротерозойських порід Північного Заходу Українського щита *(Шумлянський та ін., 2018).*

**Висновки.** Вивчені породи є монцо-чарнокітом та діоритом палеопротерозойського віку. За ізотопним складом неодиму в апатитах вони являють собою продукт переплавлення більш давньої, очевидно, мезоархейської, континентальної кори.

## Список використаних джерел:

Кривдик С.Г., Кравченко Г.Л., Томурко Л.Л., Дубина О.В., Загнітко В.М., Рокачук Т.А., Шнюкова К.Є., Мінеєва В.М. [2011] Петрологія і геохімія чарнокітоїдів Українського щита. – Київ. – Наукова думка. – 216 с.

Решетник М., Степанюк Л., Заяць О., Довбуш Т., Висоцький О. [2020] Уран-свинцевий ізотопний вік за монацитом діоритоїдів Гайсинського мегаблоку (Український щит) // Від мін. і геогноз. до геохім.,... Збір. праць.. С. 59-63.

Рябоконь В.В., Щербаков И. Б. [1977] СобитыУкраинского щита и их генезис // Препринт ИГМР АН УССР – Киев – 54 с.

Степанюк Л.М., Бухарєва К.С., Курило С.І., Довбуш Т.І., Зюльцле О.В. [2017] Уран-свинцевий вік за монацитом граніту гайсинського комплексу (Росинсько-Тікицький мегаблок Українського щита) // Мінеральні ресурси України. – №4. – С.3-6.

Степанюк Л.М., Шумлянський Л.В., Вайлд С.А., Немчин А.А., Білан О.В. [2020] U-Pb геохронологія (LA-ICP-MS) геологічних процесів в гранулітах Середнього Побужжя. Стаття 2. Породна асоціація Чаусівської групи кар'єрів // Мін. журнал. – Том 42. – №4. – С. 84-103.

Степанюк Л.М., Шумлянський Л.В., Гаценко В.О., Лісна І.М., Довбуш Т.І., Вайлд С.А., Немчин А.А., Багински Б., Білан О.В. [2020] U-Pb геохронологія (LA-ICP-MS) геологічних процесів у гранулітах Середнього Побужжя. Стаття 1. Породна асоціація Кошаро-Олександрівського кар'єру // Мін. журнал. – Том 42. – №3. – С. 50-68.

Пономаренко А.Н., Лесная И.М., Зюльцле О.В., Гаценко В.А., Довбуш Т.И., Кануникова Л.И., Шумлянский Л.В. [2010] Неоархей Росинско-Тикичского мегаблока Украинского щита // Геохімія та рудоутворення. – № 28. – С. 11-16.

Шумлянський Л.В., Степанюк Л.М., Клаессон С., Руденко К.В., Беккер А.Ю. [2018] Уран-свинцева за цирконом та монацитом геохронологія гранітоїдів житомирського та шереметівського комплексів, Північно-Західний район Українського щита. // Мін. журнал. – Том 40. – №2. – С. 63-85.

Щербаков И. Б. [2005] Петрология Украинского щита. – Львов: ЗУКЦ. – 366 с.

Middlemost E. [1994] Naming materials in the magma/igneous rock system // Earth-Science Reviews. – V. 37. – Iss. 3–4. – P. 215-224.

Reshetnyk M., Starokadomsky D. [2021] Rock magnetic properties of end erbite-charnokites in Gaisin block of Ukrainian shield // The scientific heritage. – N.62. – P.20-28.

Samuel V.O., Kwon S., Jang Y., Santosh M. [2020] Petrogenesis of the late Paleoproterozoic Luyashan igneous charnockite-enderbitesuite, North China Craton and its comparison with metamorphic counterparts. // Lithos. – V.376–377. – P.105724.

Shumlyanskyy L., Wilde S.A., Nemchin A.A., Claesson S., Billström K., Bagiński B. [2021] Eoarchean rock association in the Dniester-Bouh Domain of the Ukrainian shield: a suite of LILE-depleted enderbites and mafic granulites. Precam. Res.– 352. – P. 106001.

## ОРГАНІЧНА РЕЧОВИНА В МЕТЕОРИТАХ

***Розко А.М., Семененко В.П.***

*Інститут геохімії мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, Київ, al.rozko@gmail.com*

***The analysis of modern researches of organic material in meteorites, especially in carbonaceous chondrites is given in the work. Organic compounds are represented by aliphatic (alkanes, alkenes, isoprenoids) and aromatic hydrocarbons (alkylbenzenes, naphthalene, phenanthrenes, pyrenes), carboxylic acids, pyrimidines, purines, guanylureas, porphyrins, amino acids and have abiogenic origin.***

## ORGANIC MATERIAL IN METEORITES

***Rozko A., Semenenko V.***

Вивчення органічної речовини в метеоритах, а саме у вуглистих хондритах, дозволяє отримати достовірну інформацію про ранні процеси еволюції периферійних зон протопланетної туманності, про походження органіки, зокрема на Землі.

Вперше органічна речовина у вигляді твердих вуглеводнів і складних сполук органіки з сіркою та фосфором була виявлена Й. Я. Берцеліусом у 1834 р. при хімічному аналізі вуглистого хондрита *Alice*. Ще в 1962 р. Р. Леві з співавторами *(Levy, 1970)* шляхом нагрівання метеорита *Allende* до 423 К, отримав до 0,007 % вуглеводнів (метан, бутан, бензол, гексан, толуол, н-октан, ксилол і т. д.). Це в основному рідкі ароматичні вуглеводні та алкани від октана до ундекана. За даними експерименту автори зробили висновок про належність вуглеводнів до природного матеріалу, а не до фрагментів розпаду крупних молекул.

Системним і глибоким вивченням органічної речовини в метеоритах займався Г.П. Вдовикін *(Вдовикін, 1967),* з вуглистих хондритів *Грозна* та *Мігеї* (безпосередньо після його падіння) було виділено у першому з них бітумоподібну речовину, а в другому – бітуми, близькі за складом до озокериту. За даними автора *(Вдовикін, 1967)* вміст органічних речовин у метеоритах відповідає 0,5 мас %.

З появою сучасних аналітичних методів, які дозволяють фіксувати незначні концентрації органічної речовини та визначати її склад, перелік органічних сполук суттєво розширився. В цілому, серед 14 тисяч органічних сполук вуглистих хондритів виявлені молекули, які мають середню формулу $C_{100}H_{155}O_{20}N_3S_3$ *(Schmitt-Kopplin et al., 2010).*

Для органічної речовини у вуглистих хондритах спостерігається підвищений вміст кисню, наприклад в метеориті *Mige* – 41,81 % в той час, як у звичайних хондритах – 33 % *(Wiik, 1956).* Вміст азоту, що входить до складу органічної речовини коливається в межах 0,095 – 0,144 % при середньому значенні 0,15 % в звичайних хондритах (*Goldstein, Ogilvie, 1965*). Вуглисті хондрити містять підвищену кількість O, H, S, $H_20$, а також підвищену кількість відносно летких елементів-домішок (F, Cd, In, Hg та ін.), а також первинних газів, вміст яких корелює з вмістом вуглецю та органіки *(Симонян, 2016)* На відміну від інших метеоритів у вуглистих хондритах наявна позаземна вода у вигляді – OH групи (вода збагачена дейтерієм). Органічна речовина характеризується високим ступенем окиснення та підвищеним вмістом гетероатомів, серед яких особливий інтерес викликає хлор. Досліджуючи вуглисті хондрити Р. Хайатс і Е. Андерс *(Hayatsu, Anders 1981)* визначили, що до їх складу входить органіка як вуглеводневого, так і бітумізованого характеру (від бензолу через алкілбензоли і нафталіни до поліядерних вуглеводневих амінокислот, пірини, піримідини), що близькі до органічної речовини докембрійських сланців. Вимірювання оптичного обертання вуглецевої речовини показало, що вона оптично нейтральна, тобто має небіологічну природу *(Hayatsu, Anders, 1981; Yuen et al., 1973).*

У нерівноважному хондриті *Кримка* було знайдено ряд об'єктів, що містять органічну речовину. Так у вуглистому ксеноліті К1 виявлено вуглецевмісну речовину чорного кольору *(Semenenko et al., 2004; Semenenko et al., 2005),* яка за даними інфрачервоної спектроскопії представлена аліфатичними та ароматичними вуглеводнями *(Semenenko, Golovko, 1994; Nooner, 1967).* Полізональна макрохондра *(Семененко, Гіріч, 2011)* і бітумовмісний ксеноліт *(Гіріч, Семененко, 2016; Семененко, Гіріч, 2016*) містять включення бітуму, графітизованого у різній степені. Автори вважають, що наявність вуглеводнів у ксенолітах може бути свідченням акреції примітивних метеоритів у низькотемпературній зоні газопилової протопланетної туманності.

**Висновки.** Сучасні дослідження надали однозначні докази того, що органічні сполуки в метеоритах мають космічне походження й утворились шляхом небіологічного хімічного синтезу**.** В метеоритах, зокрема у вуглистих хондритах *(Hauang et al., 2005)* знайдені наступні органічні сполуки: аліфатичні (алкани, алкени, ізопреноїди) і ароматичні (алкілбензоли, нафталін, фенантрени, пірени) вуглеводні, карбонові кислоти, піримідини, пурини, гуанілмочевина, порфірини та амінокислоти.

**Список використаних джерел:**

Вдовыкин Г.П. [1967] Углеродистое вещество метеоритов. (Органические соединения, алмазы, графит) – М.: Наука. – 271 с.

Гіріч А.Л., Семененко В.П. [2016]. Порфіровий бітумовмісний ксеноліт у хондриті Кримка (LL3.1): 1. Структурно-мінералогічна характеристика / А.Л. Гіріч, В.П. Семененко // Мінералогічний журнал.– Т.38. – №3. – С. 56–66.

Семененко В.П., Гіріч А.Л. [2011] Мінералогічні особливості та генезис унікальної макрохондри метеорита Кримка (LL3.1) Доповіді Національної академії наук України. – №11. – С. 107–114.

Семененко В.П., Гіріч А.Л. [2016]. Порфіровий бітумовмісний ксеноліт у хондриті Кримка (LL3.1): 2. Будова, хімічний склад та походження бітуму // Мінералогічний журнал.– Т.38. – №4. – С. 23–31.

Симонян Г.С. [2016] Органические составляющие нефти в метеоритах и кометах // Chemistry – P. 15-19.

Goldstein J.I., Ogilvie R.E. [1965] A re-evaluation of the iron-rich portion of the Fe-Ni system // Trans. Met. Soc. AIME. – 233. – P. 2083-2087.

Hauang Y., Wang Y., Alexandere M.R., Lee T. et al. [2005] Molecular and compound-specific isotopic characterization of monocaboxylic acids in carbonaceous meteorites // Geochim. Cosmochim. Acta. – 69. – P. 1073-1084.

Hayatsu R., Anders E. [1981] Organic compounds in meteorites and their // In Topics of Current Chemistry. – P.1-37. Springer Veriag.

Levy R.L., Wolf C.J., Drayson M.A., Gilbert J., Gelpi E., I'pdcgrove W.S., Zlatkis L., Oro J. [1970] Organic analisis of the Pueblito di Allende meteorite // Nature. – 227. – № 5254. – P. 148-150

Nooner D.W. [1967] Organic compounds in meteorites. I: Aliphatic hydrocarbons / Nooner D.W., Oro J. // Geochim. Cosmochim. Acta.. – V. 31. – P. 1359-1394.

Schmitt-Kopplin P., Gabelica Z., Gougeon R.D at al [2010] High molecular diversity of extraterrestrial organic matter in Murchison meteorite revealed 40 years after its fal // Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A – V. 107 (7). – P. 2763-2768.

Semenenko V.P., Girich A.L., Nittler L.R. [2004] An exotic kind of cosmic material: Graphite-containing xenoliths from the Krymka (LL3.1) chondrite // Geochim. Cosmochim. Acta. – 68. N 3 – P. 455-475.

Semenenko V.P. & Golovko N.V. [1994] Shock-induced black veins and organic compounds in ordinary chondrites. // Geochimica et Cosmochimica Acta – 58(5). – P. 1525-1535.

Semenenko V.P., Jessberger E.K., Chaussidon M. et al. [2005] Carbonaceous xenoliths in the Krymka LL3.1 chondrite: Mysteries and established facts // Geochim. Cosmochim. Acta. – 69, N 8 – P. 2165-2182.

Wiik H.B. [1956] The chemical composition of some stony meteorites // Geochim. Cosmochim. Acta. – 9, N 5/6. – P. 279 - 289

Yuen G.U., Kvenvolden [1973]. Monocarboxylic Acids in Murray and Murchison Carbonaceous Meteorites // Nature. – 246, Issue 5431. – P. 301-303.

# ЭВОЛЮЦИЯ СОСТАВА МИНЕРАЛОВ ПРИ ВЫСОКОБАРИЧЕСКОМ МЕТАМОРФИЗМЕ НА ПРИМЕРЕ ЭКЛОГИТОВ ЗАПАДНОГО ГНЕЙСОВОГО РЕГИОНА (НОРВЕГИЯ)

***Салимгараева Л.И.***[1,2]***, Скублов С.Г.***[1,2]***, Березин А.В.***[1,3]

[1]*Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, Санкт-Петербург, Россия,*
*fluoritecaf2@mail.ru*
[2]*Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия*
[3]*Институт наук о Земле СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия*

***The paper presents the results of a study of the chemical composition of eclogite minerals and associated rocks of the Western Gneiss Region. Amphibolization of eclogites leads to a redistribution of HREE from garnets to newly formed pyroxenes of symplectites and to amphiboles and Ti to ilmenite. The effect of inheritance of REE spectra upon replacement of omphacite by amphiboles is shown. It is assumed that the formation of garnet amphibolites occurred with the influence of a fluid.***

# EVOLUTION OF THE COMPOSITION OF MINERALS DURING HIGH-PRESSURE METAMORPHISM ON THE EXAMPLE OF ECLOGITES OF THE WESTERN GNEISS REGION (NORWAY)

***Salimgaraeva L.I., Berezin A.V., Skublov S.G.***

**Введение.** Западный гнейсовый регион Норвегии (WGR) является одним из крупнейших и, в то же время, одним из немногих хорошо обнаженных UHP-террейнов на Земле. Так, WGR представляет собой отличную естественную лабораторию для исследования процессов высокобарического и ультравысокобарического метаморфизма, а также свойств и поведения субдуцированной континентальной коры.

Датирование метаморфических комплексов является непростой задачей, поскольку информация о предыдущих событиях может стираться наложенным метаморфизмом, и требует комплекса изотопных методов. При датировании пород Sm-Nd и Lu-Hf методами необходимо учитывать мобильность REE, которая традиционно принимается как весьма ограниченная, однако уже было неоднократно показано, что это утверждение не всегда верно *(Ague, 2017)*, что и определило цель настоящего исследования: выявить закономерности в изменении редкоземельного состава минералов при амфиболизации эклогитов Западного гнейсового региона.

**Геологическое строение.** Западный гнейсовый регион сложен в основном протерозойскими мигматитовыми гнейсами, относящимися чаще всего к амфиболитовой фации. Эклогиты, в том числе коэситсодержащие (UHP), обнаруживаются на площади около 25 000 км$^2$ на северо-западе региона. Считается, что (ультра)высокобарический метаморфизм в Западном гнейсовом регионе связан с скандинавской фазой каледонской орогении, возраст которой соответствует 420-400 Ma *(Griffin, Brueckner, 1985)*. Предположительно, амфиболизация эклогитовых тел связана с их последующей эксгумацией до возрастной отметки 375 Ma *(Carswell et al., 2003)*.

В данной работе приведены результаты исследования пород из линзы эклогитов на берегу окончания залива Нордполлен в 4 км на восток от г. Молёй. Линза каплевидной формы размером 5 х 30 м, кончик «капли» на севере, на её южном окончании зафиксирован контакт с вмещающими гнейсами, облекающими тело. Эклогиты рассланцованы, наблюдается чередование полос различной мощности эклогита (обр. 1902) и гранатового амфиболита (обр. 1903). На контакте с гнейсами присутствует зона амфиболизации (обр. 1904).

**Аналитическая методика.** Содержание редких и редкоземельных элементов в минералах было определено на ионном микрозонде Cameca-IMS-4f в ЯФ ФТИАН после предварительного исследования методом SEM-EDS (JEOL JSM-6510LA с энергодисперсионной приставкой JED-2200) в ИГГД РАН. Аббревиатуры минералов даны по *(Whitney, Evans, 2010)*.

**Результаты.** *Гранаты* в эклогитах (рис. 1, a) представлены двумя морфотипами: атолловые гранаты и порфиробластовые гранаты до 1.5 мм в поперечнике. В центральной части атолловых гранатов наблюдаются реликты гранатов, вокруг которых развиваются ксенобласты омфацита. В гранатах из эклогитов практически нет включений. Гранаты в гранатовых амфиболитах представлены крупными пойкилобластами до 3 мм в поперечнике (рис. 1, b). Пойкилобласты гранатов нередко содержат включения моноклинного пироксена, плагиоклаза, эпидота, реже рутила и ильменита.

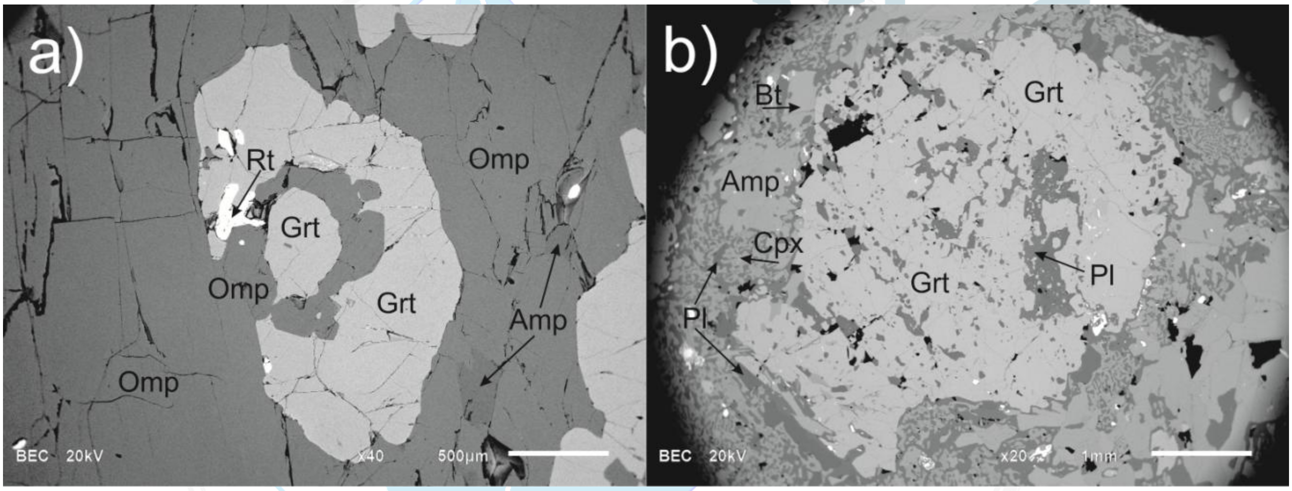


***Рисунок 1.*** *BSE-изображение гранатов из: a) эклогитов (обр. 1902); b) гранатовых амфиболитов (обр. 1903).*

По составу главных элементов гранаты из эклогитов соответствуют альмандин-пироповому ряду: содержание Alm минала лежит в пределах от 52 до 54 мол. %, Prp – 31-33 мол. %, Grs – 10-13 мол. %, Sps – 0.8-1.8 мол. %. При этом в пределах отдельных зерен зональность не наблюдается, вариации содержания миналов колеблятся в пределах 1-2 мол. % (рис. 2, a).

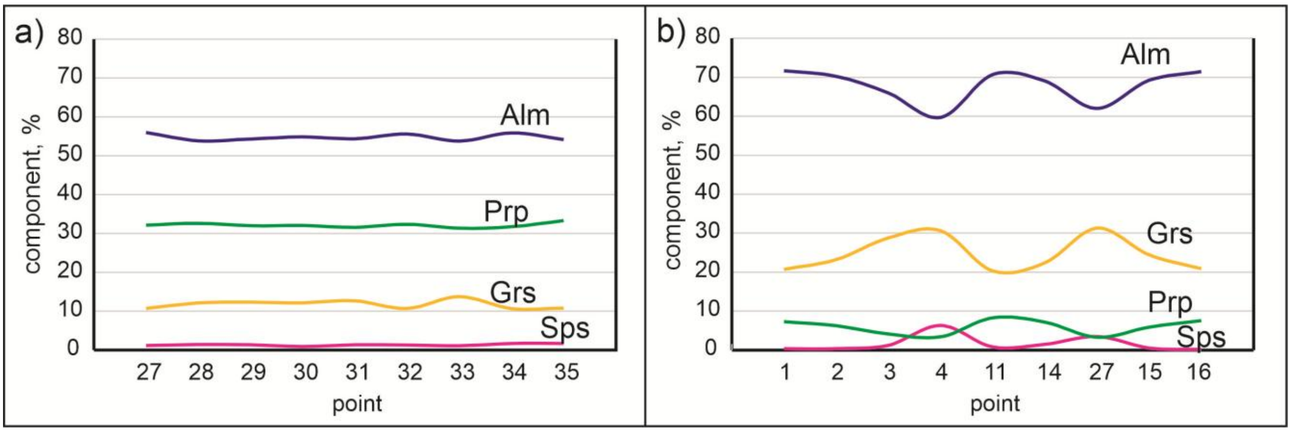


***Рисунок 2.*** *Зональность гранатов по главным элементам из: a) эклогитов; b) гранатовых амфиболитов.*

Состав гранатов из гранатовых амфиболитов отличается от гранатов из эклогитов и соответствует уже альмандин-гроссуляровому ряду: содержание Alm минала 59-71 мол. %, Prp – 3-9 мол. %, Grs – 20-30 мол. %, Sps – 0.1-6 мол. %. Гранаты из гранатовых амфиболитов характеризуются сложной зональностью, выражающейся в понижении содержания Alm в центральной части от 70 до 59 мол. % и повышении Alm в краевой части зерен до 71 мол. %. Содержание Prp положительно коррелирует с содержанием Alm, уменьшаясь от 8 мол. % до 3 мол. % в центральной части и увеличиваясь до 7 мол. % в краевой части зерен. Содержание Grs увеличивается в центральной части от 20 до 31 мол. % и уменьшается в краевой до 20 мол. %. Зональность по Sps аналогична зональности по Grs: с увеличением содержания Sps минала от 0.7 до 6 мол. % в центральной части и понижением до 0.1 в краевой (рис. 2, b). Такой вид зональности по главным элементам в гранатах из гранатовых амфиболитов указывает на кристаллизацию центральной части зерен в проградную стадию метаморфизма с повышением температуры, а краевой – в ретроградную.

Для гранатов из эклогитов спектры REE характеризуются ярко выраженной дифференциацией от легких REE к тяжелым с обеднением в области LREE до 0.01 хондритового отношения и обогащением в области HREE до 100 хондритовых отношений ($Lu_N/La_N$ лежит в интервале 294-500) (рис. 3, a). Суммарное содержание REE лежит в пределах от 13.3 до 19.6 ppm. По REE гранаты из эклогитов не зональны. Гранаты из гранатовых амфиболитов отличаются от гранатов из эклогитов повышенным суммарным содержанием REE (37.9-57.8 ppm) и наличием слабовыраженной зональности – краевая часть гранатов из гранатовых амфиболитов характеризуется пониженным относительно центральной содержанием тяжелых REE (рис. 3, a), а также пониженным содержанием Ti и Y и повышенным – Cr. Предполагается, что Ti перераспределялся в ходе метаморфизма из гранатов в ильменит.

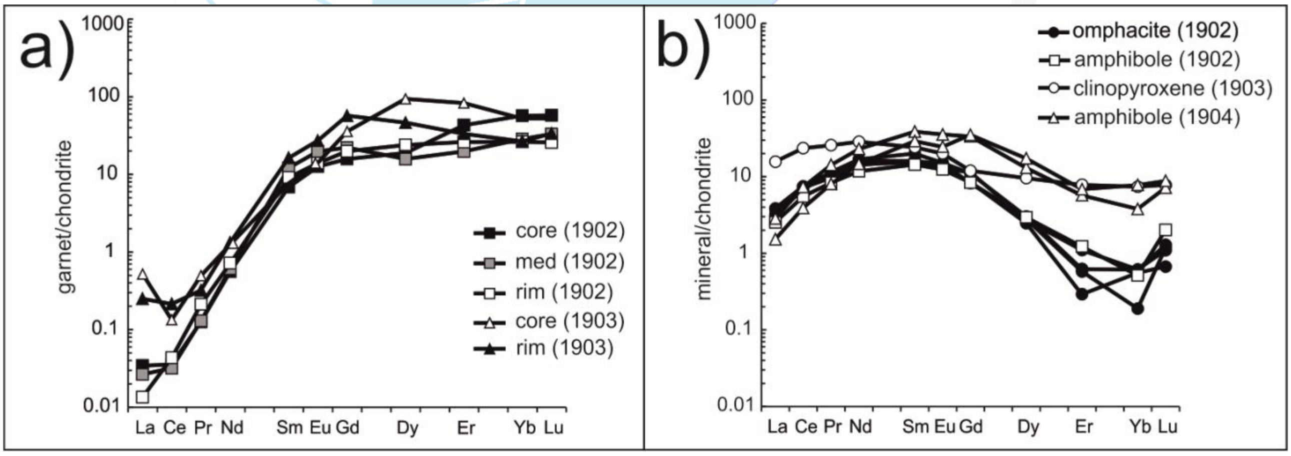


***Рисунок 3.*** *Спектры распределения REE для: a) гранатов из эклогитов (обр. 1902) и гранатовых амфиболитов (обр. 1903); b) моноклинных пироксенов и амфиболов из эклогитов (обр. 1902), гранатовых амфиболитов (обр. 1903) и амфиболитов (обр. 1904). Спектры REE нормированы по CI (McDonough, Sun, 1995).*

Моноклинные пироксены в исследуемых породах представлены двумя генерациями – крупными зернами омфацита (содержание жадеитового минала достигает 24 мол. %) в эклогитах и ксенобластами диопсида в пироксен-плагиоклазовых симплектитах из гранатовых амфиболитов. В омфаците суммарное содержание REE лежит в пределах 18-21 ppm. Спектры распределения REE для омфацита характеризуются синусоидальной формой с обогащением спектра в области LREE и обеднением спектра в области HREE относительно хондрита (рис. 3, b), характерной для минералов, образование которых связано с неравновесными процессами *(Скублов, 2005)*. Обеднение спектра в области HREE указывает на совместную кристаллизацию с гранатами – главными концентраторами HREE в эклогитах. Диопсид из симплектитов характеризуется повышенным относительно омфацита суммарным содержанием REE (до 45 ppm), особенно HREE, и более пологой формой спектра REE (рис. 3, b).

*Амфиболы* в эклогитах наблюдаются в виде единичных зерен (до 250 мкм в поперечнике) и по классификации *(Hawthorne et. al., 2012)* соответствуют винчиту. Суммарное содержание REE достигает 19 ppm. Спектры REE полностью повторяют форму спектров омфацита, что свидетельствует об образовании амфибола по омфациту и, соответственно, наследовании спектров REE. В гранатовых амфиболитах амфиболы представлены крупными идиобластами (до 500 мкм), соответствующими по составу ряду эденит → паргасит → ферропаргасит. В амфиболитах крупные идиобласты (до 300 мкм в поперечнике) магнезиальной роговой обманки по периферии зерен замещаются актинолитом. Суммарное содержание REE в этих амфиболах выше, чем в амфиболах из эклогитов (29-36 ppm). Спектры REE также характеризуются синусоидальной формой, однако более пологой, с обогащением спектра в области MREE и HREE (рис. 3, b).

**Заключение.** В работе показаны следующие закономерности в изменении состава минералов при амфиболизации эклогитов:

1) Гранаты из гранатовых амфиболитов характеризуются зональностью, указывающей на образование их центральной зоны на проградной стадии метаморфизма и краевой – на ретроградной. Вероятно, полосы гранатового амфиболита были более проницаемы для флюида, что и привело к широкому развитию признаков ретроградного метаморфизма (соответствующая зональность в гранате, наличие пироксен-плагиоклазовых симплектитов и амфиболов).

2) Происходит перераспределение HREE из гранатов в новообразованные пироксены симплектитов и в амфиболы. Ti перераспределяется из гранатов в ильменит.

3) Наблюдается эффект наследования спектров REE при замещении омфацита амфиболами.

*Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ 20-35-90001.*

### Список использованных источников:

Скублов С.Г. [2005] Геохимия редкоземельных элементов в породообразующих метаморфических минералах. – СПб: Наука. – 147 с.

Ague J.J. [2017] Element mobility during regional metamorphism in crustal and subduction zone environments with a focus on the rare earth elements (REE) // Am. Miner. – V. 102. – №. 9. – P. 1796-1821.

Carswell D.A., Brueckner H.K., Cuthbert S.J., Mehta K., O'Brien P.J. [2003] The timing of stabilisation and the exhumation rate for ultrahigh-pressure rocks in the Western Gneiss Region of Norway // J. Metam. Geol. – V. 21. – P. 601-612.

Griffin W.L., Brueckner H.K. [1985] REE, Rb-Sr and Sm-Nd studies of Norwegian eclogites // Chem. Geol. – V. 52. – P. 249-271.

Hawthorne F.C., Oberti R., Harlow G.E., Maresch W.V., Martin R.F., Schumacher J.C. & Welch M.D. [2012] Nomenclature of the amphibole supergroup // Am. Miner. – 97(11-12). – P. 2031-2048.

McDonough W.F., Sun S.-S. [1995] The composition of the Earth // Chem. Geol. – V. 120. – P. 223-253.

Whitney D.L., Evans B.W. [2010] Abbreviations for names of rock-forming minerals // Am. Miner. – V. 95. – P. 185-187.

# ВЕРХНЬОВЕНДСЬКІ ПІСКОВИКИ ПІВДЕННО-ЗАХІДНОЇ ОКРАЇНИ СХІДНОЄВРОПЕЙСЬКОЇ ПЛАТФОРМИ Й ГЕОДИНАМІЧНІ УМОВИ ЇХ УТВОРЕННЯ

***Сокур Т.М.***

*Інститут геологічних наук НАН України, Київ, sokurvsesvit@ukr.net*

***The main task of regional geology is the volumetric reconstruction of the pattern of distribution and evolution of material complexes and forces that existed in the past geological epochs. The purpose of the research is to determine the genetic nature and reconstruction of the conditions for the formation of sandstones in the deposits of the Upper Vendian of the south-western skirt of the East-European platform and the western slope of the Southern Urals.***

# THE UPPER WENDIAN SANDSTONES OF THE SOUTH-WESTERN SKIRT OF THE EAST-EUROPEAN PLATFORM AND GEODYNAMIC CONDITIONS OF THEIR FORMATION

***Sokur T.M.***

**Вступ.** Формування осадових порід є досить тривалий і складний процес, де провідне місце займає тектоніка і, зокрема, режим коливальних рухів земної кори, а також хімічний склад порід, клімат, рельєф місцевості, гідродинаміка і окислювально-відновлювальні умови, мінералізація вод та інші фактори літогенезу. Всі зазначені фактори залишають в складі (як мінеральному, так і хімічному) пісковиків і тонкозернистих уламкових порід свій слід, що робить їх інтегральними індикаторами тих чи інших процесів седиментогенезу. У даному повідомленні наведені результати досліджень хімічних складів пісковиків верхнього венду південно-західної окраїни Східноєвропейської платформи (Дністровський перикратон).

До верхнього венду досліджуваного району відносяться Могилів-Подільська й Канилівська серії. Могилів-Подільська серія складається із трьох світ – могилівської, яришівської і нагорянської. У могилівській світі виділяються ольчедаївські, ломозівські, ямпільські й лядовські верстви. Яришевська світа поділяється на бернашівські, бронницькі й зіньківські верстви. Нагорянська світа поділяється на джуржевські й калюські верстви. Канилівська серія залягає на Могилів-Подільській зі структурною незгодою й поєднує чотири світи - данилівську, що поділяється на пилипівські та шебутинецькі верстви; жарновську – кулешівські та староушицькі верстви; крушановську – кривчанські та дурняківські верстви; студеницьку – поліванівські та комарівські верстви *(Рябенко, Коренчук та ін., 1993).*

**Аналіз попередніх досліджень, формулювання проблеми, актуальність її вирішення.** Ґрунтуючись на принципі збереження основних особливостей речовинного складу осадку у процесі літогенезу, розроблені Н.М. Страховим і Я.Э. Юдовичем *(Юдович, Кетрис, 2000)*, використовуючи системні генетичні модулі були отримані дані про речовинний склад пісковиків, встановлений вихідний комплекс материнських порід *(Сокур, 2008*), реконструйований геодинамічний режим формування осадків.

Пісковики є одними з найпоширеніших порід у розрізі венду південно-західної окраїни Східноєвропейської платформи й становлять у середньому 25% об'єму, коливаючись від 20 до 40% залежно від типу розрізу.

Дослідження тектонічного режиму формування осадків були проведені Э.З. Гареєвим *(Гареєв, 1998)* при вивченні пісковиків ашинської серії венду Південного

Уралу (східна окраїна Східноєвропейської платформи), де автор показав, що формування верхньовендських утворень в основному відбувалося в активному тектонічному режимі.

**Фактичний матеріал та методологія досліджень.** Для дослідження петрохімічних особливостей пісковикових порід верхньовендського розрізу були використані оригінальні хімічні дані (колекція автора включає 168 силікатних аналізів порід, а також 95 аналізів, виконаних А.В. Сочавою і ін. *(Сочава та ін., 1992)*. Дані хімічних аналізів були перераховані в різні коефіцієнти, або системні генетичні модулі *(Юдович, Кетрис, 2000)*.

**Отримані результати, їх обговорення.** Тектонічний режим формування осадків верхнього венду південно-західної окраїни Східноєвропейської платформи (Дністровський перикратон), як і теригенні комплекси верхнього венду Південного Уралу вивчався з використанням ряду діаграм *(Roser, Korsch, 1996; Bhatia, 1983)*.

На класифікаційній діаграмі усереднені дані по верствам, світам і в цілому по могилів-подільської й канилівської серіям показали наступну картину. У зону океанічних островодужних комплексів потрапили ряд фігуративних точок, що відповідають середнім значенням ломозівських, лядовських, джуржівських і всі точки зіньківських верств. Ці відклади характеризуються також високими значеннями $Fe_2O_3+MgO$%, $TiO_2$%, $Al_2O_3/SiO_2$. Слід зазначити, що ломозівські й джуржівські верстви попадають також і в область активних континентальних окраїн. Це, імовірно, пов'язане з місцем розташування свердловини й глибиною відбору проб, що свідчить про різні умови утворення, специфіку рельєфу й диференціації відкладів. Формування окремих груп пісковиків бернашівських і джуржівських верств, фігуративні точки яких на діаграмі перебувають у безпосередній близькості до умовної границі полів океанічних островодужних комплексів і активних континентальних окраїн, відбувалося, можливо, в умовах континентальних острівних дуг.

Окремі позиційні точки складу пісковиків, що відповідають значенням ольчедаївським, ямпільським і джуржівським верствам, а також точка, що характеризує всі середні модульні значення верств нагорянської світи, що були отримані А.В. Сочавою і ін. *(Сочава та ін., 1992)*, виходять за межі поля, що були запропоновані B.D. Roser, R.J. Korsch *(Roser, Korsch, 1996)*, що розмежовує область активних і пасивних континентальних окраїн. Ці породи, що мають найбільші значення $SiO_2$ і розташовані в правій частині діаграми, хоч і попадають у поле активних континентальних окраїн, мабуть, формувалися в умовах відносного тектонічного спокою, що й сприяло формуванню високозрілих пісковиків. Модульні величини пісковиків перерахованих верств, на діаграмі M.R. Bhatia *(Bhatia, 1983)*, лягають у діапазон значень, що відповідають пасивним континентальним окраїнам.

Слід зазначити, що в кожній світі могилів-подільської серії присутня фігуративна точка, що попадає в поле океанічних островодужних комплексів. Оскільки геохімічний скад теригенних порід є результатом комплексної взаємодії різних непостійних процесів, таких як джерело зносу, рельєф, хімічне вивітрювання, перенос, діагенез і т.п., згадане розташування позиційних точок може свідчити про участь у процесі формування даних пісковиків продуктів руйнування кислих вивержених і вулканічних порід.

Базальні відклади могилів-подільської серії формувалися в умовах активного тектонічного режиму. Великий розкид значень модулів побічно свідчить про швидке надходження й захоронення в басейні осадконакопичення значних кількостей порівняно строкатої за петрохімічним складом кластики, що асоціює з основними й кислими вулканітами.

Позиційні точки середніх складів пісковиків світ канилівської серії розташовані на діаграмі в безпосередній близькості одна до одної в зоні активних континентальних окраїн, з мінімальними значеннями для $K_2O/Na_2O$ і відносно високими значеннями для $SiO_2$. Це вказує на майже однакові геодинамічні умови, що існували протягом канилівського часу й розвивалися по певній циклічній схемі з досить глибоким перетворенням теригенного матеріалу.

Використання діаграми V.R. Bhatia *(Bhatia, 1983)* у процесі аналізу петрохімічних особливостей верхньовендських пісковиків досліджуваного району було відзначено, що розподіл модулів відбувається відповідно до схеми M.R. Bhatia *(Bhatia, 1983)*, але в ряді випадків отримані значення не попадають у діапазон абсолютних величин, що характеризують геодинамічні режими формування осадків.

**Висновки.** Таким чином, проведеними дослідженнями встановлено, що теригенні комплекси верхньовендського віку, як у межах західного схилу Південного Уралу, так і південно-західної окраїни Східноєвропейської платформи формувалися в схожих умовах тектонічного режиму.

**Список використаних джерел:**

Гареев Э.З. [1998] Петрохимия и эволюция составов терригенных пород как отображение процессов осадконакопления на примере стратотипа ашинской серии венда на Южном Урале // Палеогеография венда – раннего палеозоя Северной Евразии: Сб. науч. тр. – Екатеринбург. – 218 с.

Геологическая история территории Украины. Докембрий / Рябенко В.А., Коренчук Л.В., Асеева Е.А. и др. [1993] – Киев: Наук. думка. – 187 с.

Сокур Т.М. [2008] Петрохимическая характеристика и геодинамическая обстановка формитрования песчаников верхнего венда юго-западной окраины Восточно-Европейской платформы // Геол. журн. – № 1. – С. 63–71.

Сочава А.В., Коренчук Л.В., Пиррус Э.А., Фелицын С.Б. [1992] Геохимия верхневендских отложений Русской платформы // Литология и полез. ископаемые. – № 2. – С. 71–89.

Юдович Я.Э., Кетрис М.П. [2000] Основы литохимии. СПб., Наука. – 479 с.

Bhatia M.R. [1983] Plate tectonics and geochemical composition of sandstones // J. Geol. – Vol. 91. – № 6. – P. 611.

Roser B.D., Korsch R.J. [1986] Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using $SiO_2$ content and $K_2O/Na_2O$ ratio // J. Geol. – Vol. 94 – № 5. – P. 635.

# GENERALIZED 4-COMPONENT LITHOLOGICAL MODEL AS A TOOL FOR STUDY OF SEDIMENTARY RECORD OF THE CONTINENTAL CRUST EVOLUTION: FUNDAMENTAL AND APPLIED ASPECTS

***Shnyukov S.E. Lazareva I.I., Andreev O.V. , Savenok S.P. ,Bunkevych O.L.,***
***Virshylo A.V., Omelchenko A.M., Osypenko V.Yu., Aleksieienko A.G.***
*Institute of Geology, Taras Schevchenko National University of Kyiv, Kyiv,*
*shnyukov54@gmail.com, lazareva067@gmail.com*

***Calculation of the mineral composition of sedimentary rocks is a complex problem. As a rule, it is solved using average or standard compositions of minerals. But this approach usually does not provide acceptable results. Solution to this problem based on a new generalized lithological model was suggested. Main components Quartz, Clay, Carbonate and Organic) as well as some additional ones can also be calculated in this model. Results***

***of its preliminary approbation on an example of ecological and geochemical research and regional-scale heavy mineral drainage sampling confirm the effectiveness of the proposed approach.***

# ГЕНЕРАЛІЗОВАНА 4-КОМПОНЕНТНА ЛІТОЛОГІЧНА МОДЕЛЬ ЯК ІНСТРУМЕНТ ДОСЛІДЖЕННЯ ОСАДОВОГО ЛІТОПИСУ ЕВОЛЮЦІЇ КОНТИНЕНТАЛЬНОЇ КОРИ: ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ТА ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ

**Шнюков С.Є., Лазарева І.І., Андреєв О.В., Савенок С.П., Бункевич О.Л.,
Виршило А.В., Омельченко А.М., Осипенко В.Ю., Алексеєнко А.Г.**

**Introduction.** Calculation of the mineral composition of sedimentary rocks is a complex problem. As a rule, it is solved using average or standard compositions of minerals. But this approach usually does not provide acceptable results.

**Results.** In this work, we propose a solution to this problem based on a new generalized lithological model (Fig. 1).The optimal limitations for the studied sediments (sedimentary rocks): (1) Large size of the feeding province. (2) A wide variety of parent rocks. (3) Their deep weathering with the transformation of all rock-forming minerals (except quartz) into minerals of the clay group. (4) Areal mobilization of weathering products, their distant transport and efficient homogenization prior to sedimentation. (5) Hydrodynamic differentiation only by grain size characteristics without loss of homogeneity of mineral components (especially clay minerals). Sampling requirements: (1) A large number of samples and their high representativeness. (2) Wide lithological diversity of the sampled sediments.

Main components *Qtz**, CLAY*, CARB*, ORG* (Quartz, Clay, Carbonate and Organic) as well as some additional ones can also be calculated in this model:

$\mathrm{CLAY^*\ (wt\%) = 100\times Al_2O_3^{sample}/Al_2O_3^{CLAY^*}}$

$Qtz^*\ \mathrm{(wt\%) = SiO_2^{sample} - Al_2O_3^{sample}\times SiO_2^{CLAY^*}/Al_2O_3^{CLAY^*}}$

$Py^*\ \mathrm{(wt\%) = 100\times S^{sample}/S^{Py^*}}$ [Sulfide = $Py^*$ = Hydrotroilite ($\mathrm{FeS}\cdot n\mathrm{H_2O}$ ) + Pyrite ($\mathrm{FeS_2}$) etc.]

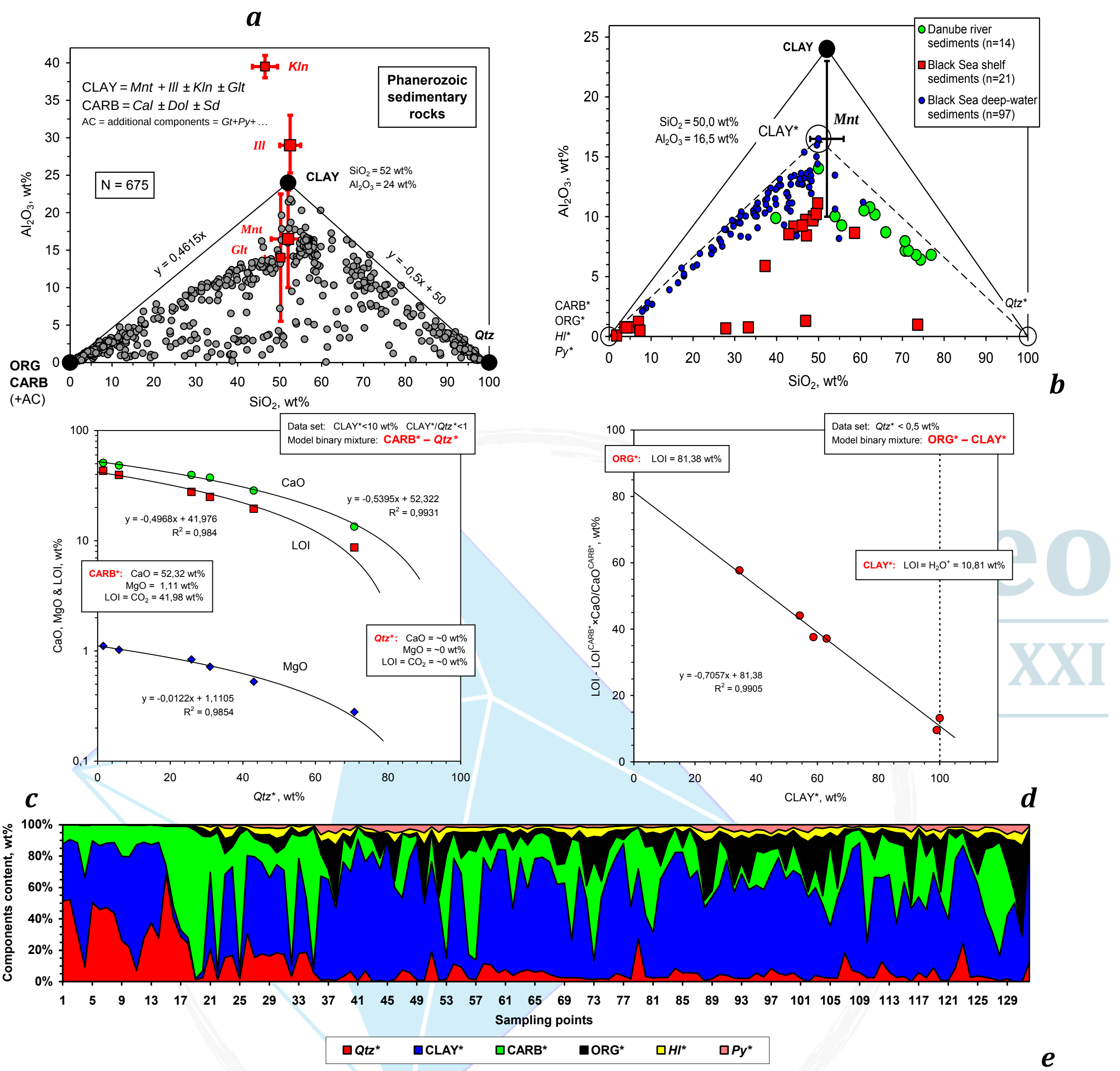
$Hl^*\ \mathrm{(wt\%) = 1{,}80655\times Cl^{sample}}$ (Salt = $Hl^*$ = Halite+MgCl2 etc.)

$\mathrm{CARB^*\ (wt\%) = 100\times CaO^{sample}/CaO^{CARB^*}}$

$\mathrm{ORG^*\ (wt\%) = 100(LOI^{sample} - 0{,}01\times CLAY^*\times LOI^{CLAY^*} - 0{,}01\times CARB^*\times\ LOI^{CARB^*})/LOI^{ORG^*}}$

**Application I.**

Modern constraints of the continental crust evolution models are based on age determinations, trace element geochemical and Hf-isotope data for zircon large detrital populations from river sands and sedimentary rocks (*Roberts and Spencer, 2015; Rino et al., 2004; Belousova et al., 2010 Puetz, 2018; Voice, 2010 etc.*). However, such approach doesn't take into account impact of sedimentation conditions on representativeness of studied zircon populations. Preliminary specialized criteria for zircon sampling based on a maximum conformity of $\mathrm{SiO_2}$, Zr and main model mineral components concentrations in the drainage samples to their content evaluated in upper continental crust was developed (Fig. 2-4).



***Figer 1.*** *Generalized 4-component lithological model (a), its application (b, e) to river, shelf and deep-water sediments of the Danube-Black Sea region (from left to right on the profile) and evaluation (b, c, d) of the critical input parameters ($Al_2O_3^{CLAY*}$, $CaO^{CARB*}$, $LOI^{CLAY*}$, $LOI^{ORG*}$) for model calculations (see Fig. 5a for more information).*

## Application II.

An important task of ecological and geochemical research is the environmental pollution prevention, which requires the use of technologies that are capable to: (1) effectively detect even weak geochemical anomalies, (2) monitor them precisely, (3) reliably predict dangerous developments. Traditional methods and technologies don't possess such capabilities in full scale due to insufficient account for lithological heterogeneity of the sediments during geochemical background studies (Shnyukov et al. 2000, 2002). But background variations caused by this factor might be comparable to or even exceed those of moderate industrial pollution, which impedes identification and further monitoring of corresponding geochemical anomalies. In order to solve problem it was suggested (Shnyukov et al. 2000, 2002, Lazareva, Shnyukov, Andreev et al. 2018) to accept multicomponent mixture model for the sampled sediments and to level their lithological heterogeneity by means of individual assessment of background levels of elements in each sample:

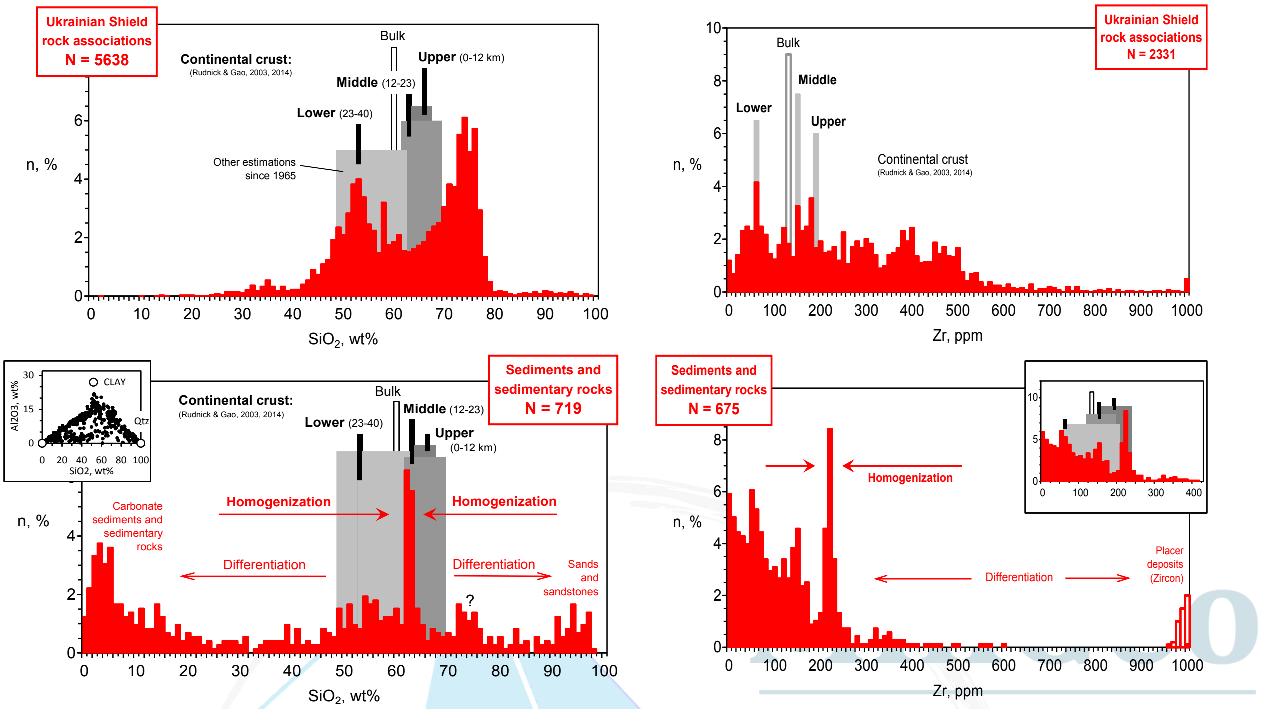


***Figure 2****. SiO₂ and Zr distribution in Precambrian Ukrainian Shield (USh) rock assemblages (above) and modern sediments and Phanerozoic sedimentary rocks (below) from basins of USh periphery (reservoirs of eroded upper crustal material) (Shnyukov et al. 2019, etc.).*

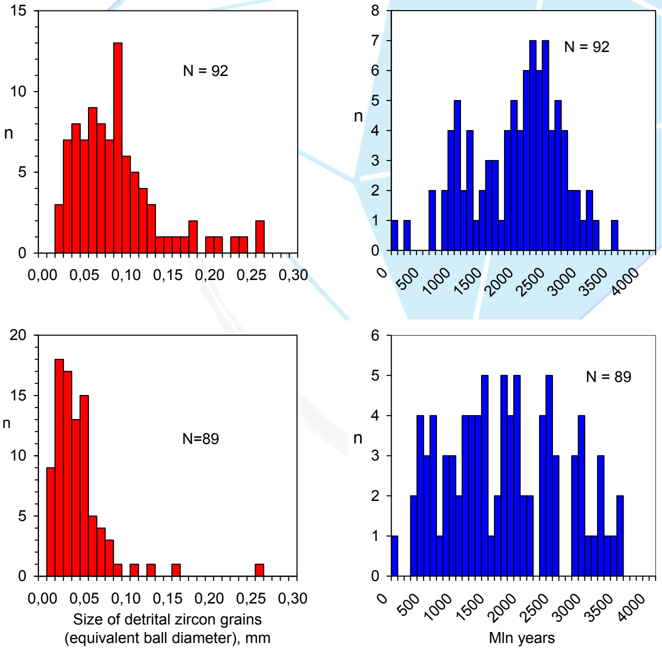


***Figure 3****. Influence of granulometry of detrital zircon populations on their age spectra (single grain total lead method).*

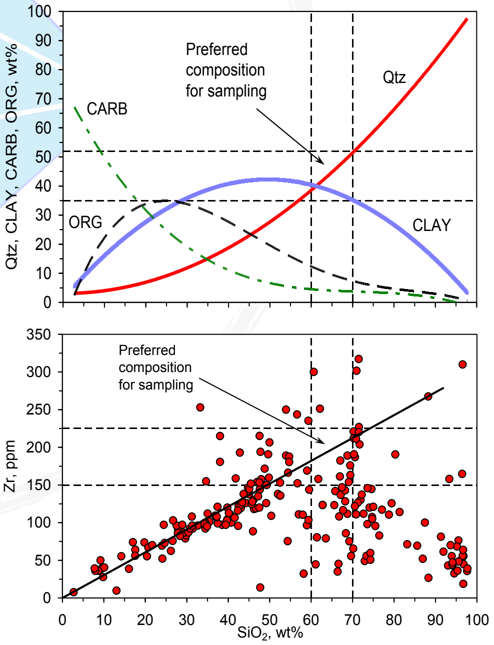


***Figure 4****. Sediment composition preferred for representative sampling of detrital zircon populations.*

$$C_i^{bg(M)} = a\cdot C_i^{A(bg)} + b\cdot C_i^{B(bg)} + c\cdot C_i^{C(bg)} + \ldots + n\cdot C_i^{N(bg)},$$

where $C_i^{bg(M)}$ — model background level of element $i$ in current sample (ppm), $C_i^{A(bg)}$, $C_i^{B(bg)}$, $C_i^{C(bg)}$, $C_i^{N(bg)}$ — its background levels in components *A*, *B*, *C* … *N* with corresponding weight fractions *a*, *b*, *c* … *n* $(a+b+c+\ldots+n=1)$. Subsequent transition from estimated element *i* content in sample ($C_i^{\exp}$, ppm) to the values of its concentration coefficient ($K_i = C_i^{\exp}/C_i^{bg(M)}$) transforms the complex lithological conditions of the study area into the case of a stable lithological composition.

A possible prototype of such technology based on a proposed generalized 4-component lithological model was tested in this work (Fig. 2). The Danube-Black Sea region is selected as an example (Vyzhva, Shchyptsov, Shnyukov et al., 2021).

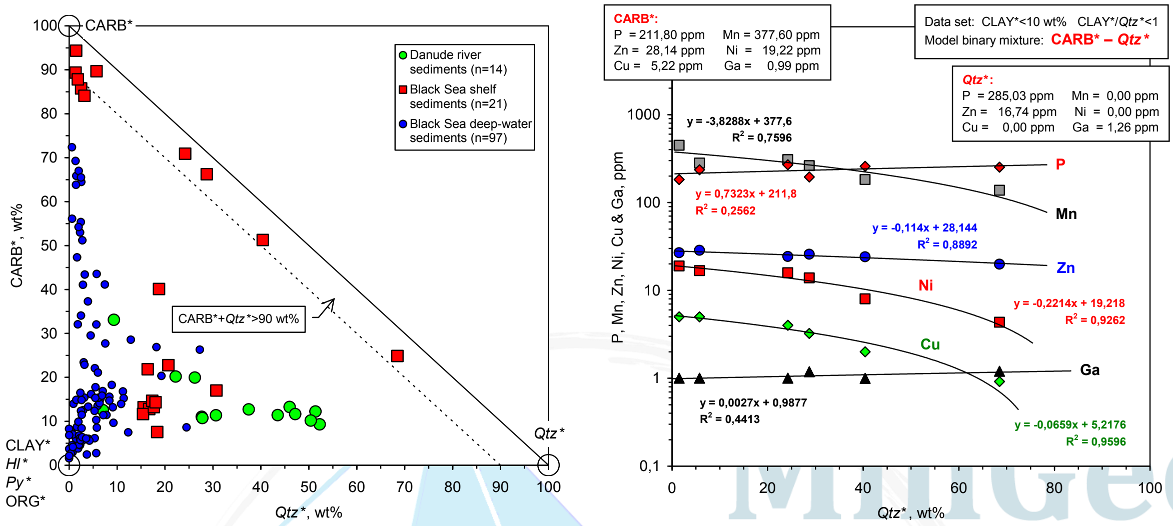


***Figure 5.*** *Estimation of trace element concentrations in the components of the proposed lithological model. Used model binary mixture (a) and linear dependencies between trace element concentration and component content in model mixture (b). Extrapolation of these dependencies to values x = 0 and x = 100 wt% evaluates trace element content in both model components.*

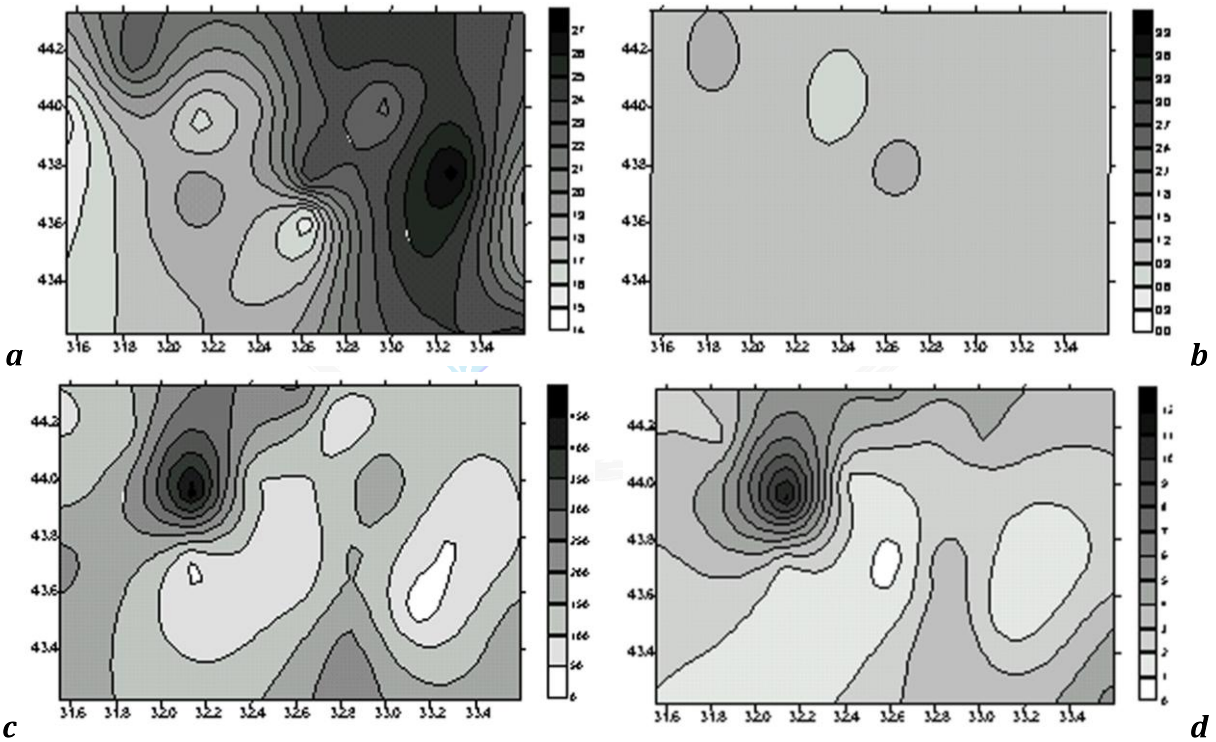


***Figure 6.*** *Observed ($C_i^{exp}$, ppm) and corrected ($K_i$) distribution of Y (a, b) and I (c, d) in the Black Sea deep-water sediments. Transformation of $C_Y^{exp}$ (a) and $C_I^{exp}$ (c) into $K_Y$ (b) and $K_I$ (d) demonstrate the leveling of geochemical background, vanishing of lithologically caused (false) (b) and increasing contrast of real (d) anomalies. White – minimal, black – maximal $C_i^{exp}$ and $K_i$. values.*

**Conclusions.** (1) Results of preliminary testing of the proposed *generalized lithological model* on an example of ecological and geochemical research and regional-scale heavy mineral drainage sampling confirm the effectiveness of the proposed approach. (2) Suggested technology is applicable to solving some fundamental problems of Earth's continental crust evolution (Shnyukov et al., 2019). (3) This technology can be considered as the basis for international environmental projects both in the Danube-Black Sea and in other regions.

**Acknowledgements.** This work was supported by the Scientific Research Department of the Taras Shevchenko National University of Kiev throughout grants 0195U004122, 0195U004123, 0197U003159 and 0116U004784. Authors are greatful to E.A.Khlon and V.V. Zagorodny for the significant assistance in mineralogical and analytical research.

**References:**

Lazareva, I.I., Shnyukov, S.E., Andreev, O.V., Zagorodnii, V.V, Morozenko, V.R., Aleksieienko, A.G. [2018] Precision analysis of geochemical background level during industria geochemical anomalies monitoring. Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment": XII International Scientific Conference "13–16 November 2018, Kyiv, Ukraine DOI: 10.3997/2214-4609.201803164

Shnyukov, S.E., Andreev, A.V., Zayats, O.V., Savenok, S.P. and Kleshchenko, S.A. [2000] Instrumental accounting of background conditions in geochemical mapping of lithologically heterogeneous territories (on the example of a section of the Black Sea bottom). Geological problems of the Black Sea. OMGOR NNPM NASU. 165-184. (in Russian)

Shnyukov, S.E., Andreev, A.V., Zayats, O.V., Savenok, S.P. and Margulev, V.M. [2002] Precision accounting of background conditions as the basis for the technology of early detection, monitoring and forecasting of the development of technogenic geochemical anomalies. Ekologiya dovkillya ta bezpeka zhittadiyalnosti, 3, 6-10. (in Russian)

Shnyukov, S., Tegkaev, E., Lazareva, I., Andrieiev, A. and Aleksieienko, A. [2019] Denudation as unique Earth Crust sampling procedure: additive effect of sedimentary differentiation and homogenization. XVIIIth International Conference "Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects" (13-16 May 2019, Kiev Ukraine).

Vyzhva S. Shchyptsov O. Shnyukov S. Lazareva I. Gordeev A. Virshylo [2021] Integrated Geochemical and Geophysical Monitoring of the Ecological State of Sedimentary Systems in Danube-Black Sea Region: Pilot Results and Development Prospects. XX International Conference "Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects" (11-14 May 2021, Kyiv, Ukraine).

## МУЗЕЙНІ ФОНДИ І КОЛЕКЦІЇ ПАЛЕОНТОЛОГІЧНОГО МУЗЕЮ ЛЬВІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА ЯК ОБ'ЄКТ НАЦІОНАЛЬНОГО НАДБАННЯ

***Тузяк Я.М.***

*Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів,*
*yarynatuzyak@gmail.com*

***The value of museum collections and funds of the Paleontological Museum of Lviv University is justified in order to grant it the status of a national treasure. The scientific-practical, cultural-educational (historical and memorial) significance of paleontological collections is covered. According to the value and conditions of preservation, museum***

***collections are classified into three groups – valuable and rare objects, exhibition collections, collections for the educational process.***

# MUSEUM FUNDS AND COLLECTIONS OF PALEONTOLOGICAL MUSEUM IVAN FRANKO NATIONAL UNIVERSITY OF LVIV AS AN OBJECT OF NATIONAL HERITAGE

***Tuzyak Ya.***

**Вступ.** Колекції фосилій (флори, фауни, біогліфів (слідів життєдіяльності), механогліфів (слідів діяльності фізичних чинників середовища) та ін.) Палеонтологічного музею Львівського національного університету імені Івана Франка – це унікальні зібрання, що мають науково-практичне, навчально-пізнавальне, культурно-освітнє (історичне і меморіальне) значення (*Тузяк, 2021; Tuzyak, 2021a; 2021b*). Важливою рисою колекцій, що підлягають збереженню, є комплексний характер цих пам'яток. Вони можуть бути розглянуті водночас як пам'ятки природи так і культури (*Анфімова та ін., 2019*). Фосилії, що формують різні тематичні експозиції відділів, – систематичної палеонтології, історичної геології, палеоекології, палеобіоти квартеру, регіональної палеонтології, монографічних зібрань – це об'єкти природної спадщини, які виникли внаслідок поєднання комплексу природних чинників і є свідченнями життя, надійними індикаторами середовищ та мешканцями різних еко-морфодинамічних систем минулих геологічних епох. З іншого боку, палеонтологічні (геологічні) зразки, які слугували фактичним матеріалом або об'єктами наукових досліджень, вивчені з подальшим опублікуванням отриманих результатів в області природничих наук (зокрема Наук про Землю) – справедливо формують науково-культурну спадщину. Музейні фонди (колекції, науково-дослідні праці, стародруки) та інші предмети Палеонтологічного музею становлять культурно-національне надбання, оскільки відображають не лише підвалини закладення «храму муз» геологічних наук у Східній Європі, але й, починаючи з XIX ст., зберігають науково-дослідний доробок не одного покоління геологів (палеонтологів) світового рівня, які працювали у Львівському Університеті упродовж 200 років, стратиграфічні інтервали і походження музейних експонатів (географію та приурочення до відповідних структурно-тектонічних одиниць земної кори). Все це разом відтворює історію становлення й періоди розвитку природничих наук на Заході України, яку слід зберегти для наступних поколінь, щоразу поповнюючи новими артефактами (*Тузяк, 2021; 2021b*).

**Аналіз попередніх досліджень, формування проблеми, актуальність її вирішення.** За майже 200-літню історію становлення Палеонтологічного/Геологічного музею Львівського Університету відомості про нього публікували у вигляді коротких повідомлень – тезах доповідей на конференціях, статтях у періодичних та довідкових виданнях, путівниках, науково-популярних публікаціях. Однак серед опублікованих матеріалів міститься недостатньо інформації про музейні колекції та фонди, поповнення яких відбувається щорічно внаслідок польових етапів навчальних практик, науково-дослідних експедицій, геологічних екскурсій, подарунків та ін., не висвітлено належно питання оцінки їхньої цінності. На сучасному етапі розкриття різних сфер діяльності Палеонтологічного музею має актуальне значення з метою обґрунтування надання йому статусу національного надбання. Пріоритетом у цьому напрямі є висвітлення значення музейних фондів і колекцій на національному рівні, для ВНЗ та різних верств населення. На національному рівні – це унікальні зібрання і території, з яких вони походять, єдині у своєму роді, бо кожний окремо взятий Палеонтологічний музей (чи палеонтологічний відділ) має свою історію становлення та розвитку, кількість та цінність колекцій, яка полягає в їх унікальності. Для ВНЗ – це заклад, який слід зберігати й охороняти для теперішнього і майбутнього поколінь з метою проведення науково-дослідної, навчально-пізнавальної, освітньо-культурної, популяризаційної діяльності. Музеї – це один з засобів боротьби з декультурацією населення – розумінням культури свого народу, природних багатств та історичних цінностей, визначних постатей окремо взятої галузі наук.

На сучасному етапі культуротворча функція закладів вищої освіти (у тому числі музеїв як їх складових) полягає в об'єднанні трьох елементів: технології (широке впровадження інноваційних технологій), таланту (приваблення творчих особистостей, які можуть продукувати нові знання) та толерантності (сприйняття нових ідей та концепцій). Вона набуває активного розвитку у тих регіонах, які є осередками ЗВО, де й саме присутня так звана концепція «Трьох Т» Річарда Флоріди. Забезпечення розвитку інноваційної інфраструктури як засобу передачі досліджень, ідей та підходів сприяє можливості становлення творчої (креативної) особистості. Такими центрами є заклади вищої освіти (у тому числі музеї), які акумулюють пам'ятки і скарби природи, людської культури тощо, пропагують знання не лише для своєї спільноти, а й для різних верств населення, інноваційними засобами. Такі установи своїм досвідом та знаннями підтримують місцеві громади, популяризують наукові знання, сприяють розвитку академічних цінностей, оживляють міське життя, зокрема шляхом організації виставок і заходів. Ці проекти у свою чергу сприяють розвиту культурного туризму. І чим більша питома частка представників ЗВО у демографічній структурі міста, тим більшу роль заклад буде виконувати в окресленні його культурного іміджу (*Муравська, 2018*). Слід додати, що у музеї, на обмеженій площі, представлено таке різноманіття фосилій «у просторі та часі», яке неможливе у природному середовищі. Це сприяє залученню музейних колекцій до навчального процесу.

**Фактичний матеріал та методологія досліджень.** Матеріалом для написання статті слугували огляд й аналіз колекцій та фондів Палеонтологічного музею Львівського Університету, публікації з зазначеної тематики, нормативно-правові акти, закони та положення.

**Отримані результати, їх обговорення.** Оцінка цінності музейних експозицій і колекцій. Серед експонатів музею:

**1.** Групи організмів, що мають важливе біостратиграфічне значення, зокрема для стратифікації й кореляції осадових товщ літосфери, побудови й уточнення МХСШ.

Міжнародна хроностратиграфічна шкала – це:

- календар подій, більшість з яких мають біотичну природу (із 100 ярусів МХСШ у 77 геологічна границя визначена за біотичними критеріями, більшість яких є первинними, а в інших випадках (коли первинний маркер має абіотичну природу) палеоорганізми виконують роль вторинних маркерів).
- інструмент для визначення відносного геологічного віку гірських порід, в основі якого лежить біостратиграфічний критерій – зміна комплексів фосилій.
- результат – відтворення «біографії» Землі за повнотою геологічного і палеонтологічного літописів – головних подій (етапів) в її еволюції.

У Палеонтологічному музеї зберігаються керівні форми для розчленування палеозою – трилобіти, мезозою – головоногі й двостулкові молюски, форамініфери, кайнозою – форамініфери, двостулкові й черевоногі молюски, які мають глобальне і регіональне значення. В колекції є групи організмів, які діагностують проведення нижніх границь хроностратиграфічних підрозділів (ярусів, відділів, систем) (35 експонатів).

**2.** Монографічні палеонтологічні колекції – це зібрання, які стали підставою для палеонтологічних досліджень різних наукових напрямів природничих дисциплін (зокрема, Наук про Землю) і висвітлені у численних публікаціях (статтях, оглядових працях, регіональних палеонтологічних зведеннях, монографіях, атласах, довідниках, а також рукописах – дисертаціях та звітах) науковців. Їх унікальність визначається наявністю еталонних екземплярів міжнародного значення – голотипів, лектотипів, неотипів видів викопних фауни і флори, вперше виявлених і описаних з території України. Науково-практичне значення монографічних палеонтологічних колекцій полягає в тому, що вони можуть бути використані при визначенні решток, обґрунтуванні віку відкладів, при додатковому вивченні і порівнянні з ними нових палеонтологічних зборів, побудові опорних стратиграфічних схем та кореляції відкладів. Це, зокрема, колекція слідів життєдіяльності О.С. Вялова (15 експонатів), вперше виявлені й описані об'єкти походять з міоценових молас Передкарпаття. Сьогодні відомо лише декілька таких місць – це Угорщина, Долина Смерті (США), Казахстан) та ін. Колекція молюсків юри і крейди Переддобрудзького прогину, Рівнинного Криму, Волино-Поділля та Українських Карпат Р.Й. Лещуха, яка налічує понад 2 тис. екз. Колекція девонської фауни В. Зиха (22 екз.). Колекція флори і фауни кам'яновугільних відкладів Львівсько-Волинського вугільного басейну і Донбасу В.І. Узіюка (понад 1000 екз.). Колекція фосилій пізньої крейди Б. Кокошинської (100 екз.). Колекція неогенових молюсків В.О. Горецького (понад 100 екз.). Колекція урбаністичних фосилій (палеоорганізми неогену м. Львів та його околиць) А.В. Іваніни (200 екз.) та ін.

**3.** Окремі представники фауни і флори, що є унікальними не лише для території України, а й для інших регіонів Світу. Наприклад,

- рештки мамонта, виявлені в околицях м. Львів (бивні, лопатки, зуби та ін.);
- різноманіття фосилій (корали, трилобіти, головоногі молюски) з силуру Волино-Поділля, розрізи якого вважають еталонними для Східно-Європейської платформи і найкращими у світі, й можуть заслуговувати на світове визнання.
- відбитки фосилій з літографічних сланців, Золенгофен (Німеччина), експонат однієї з яких зберігається у Палеонтологічному музеї ЛНУ;
- фосилії з глобального стратотипу девонських відкладів Чехії в експозиції Палеонтологічного музею ЛНУ та ін.
- відбитки риб з палеозойських і кайнозойських відкладів України (Волино-Поділля, Передкарпатський прогин) і Європи.

**4.** Використання матеріалістичного світогляду (натуралістичного підходу) у пізнанні Всесвіту і планети Земля як складової макро- і мікрокосмосу відіграло неоціненне значення:

- у вивченні її будови, складу, процесів та явищ, а також у розумінні й уявленні морфології, способу життя і середовищ побутування давніх організмів, які населяли нашу планету упродовж мільярдів років до сьогодення (формують значну частину виставкових експозицій у музеї).
- у розумінні унікальності території, з якої були відібрані ті чи інші фосилії. Деякі з них – це рідкісні знахідки, які існують на планеті Земля у єдиному екземплярі, або відомі лише у декількох місцях. І це, в свою чергу, сприяє природоохоронній діяльності і розвитку природно-заповідного фонду, у даному випадку території України. Сьогодні, активна господарська діяльність й надмірне використання земних надр з метою вилучення природних ресурсів різного походження для зростання і зміцнення мінерально-сировинної бази України зумовило руйнування, а у деяких випадках повного зникнення, унікальних і неповторних природних еко-морфодинамічних систем, які не підлягають відтворенню. Наявність фрагментів цих природних об'єктів у Палеонтологічному музеї сприяє їхньому збереженню і подальшому вивченню й популяризації серед різних верств населення.

- окремі експонати музею походять з заповідних територій, які належать до природно-заповідного фонду України, що у свою чергу є важкодоступними для огляду і практично недоступні для збору зразків. Все це підвищує значення музейних колекцій як джерел інформації.
- фонди Палеонтологічного музею містять зібрання не лише виявлені на території України, але й за її межами (палеоорганізми з різних куточків Світу), що сприяє уявленню про екосистеми інших регіонів та їхнє положення у просторі та часі.
- внаслідок тимчасово окупованих територій (зокрема, анексії РФ Автономної Республіки Крим) й запровадження карантинних обмежень через поширення пандемії COVID–19, відвідування і вивчення природних еко-морфодинамічних систем окремих регіонів України під час навчальних практик (польовий етап) стало неможливим. Тому, наявність колекцій фосилій і гірських порід у Палеонтологічному музеї, зібраних упродовж польових експедицій попередніх років – це навчально-дослідне підґрунтя для студентів геологічних та інших природничих спеціальностей.
- осадові породи біогенного походження (органогенні вапняки, мармури) – це унікальний природний декоративний камінь, який широко використовувався і надалі використовується в архітектурі й будівництві (облицювання, декорації, мощення, будівництва, різьблення скульптур, предметів інтер’єру тощо). З цього матеріалу зведені історико-архітектурні пам’ятки, які належать до історико-культурної спадщини національного і світового значення (ЮНЕСКО). Зокрема, ансамбль історичного центру м. Львів, у 1998 р. було внесено у реєстр Світової спадщини ЮНЕСКО, значна частина інженерних споруд якого зведена або має у своїх інтер’єрах природний декоративний камінь. Фрагменти (зразки) цього каміння формують окрему експозицію у Палеонтологічному музеї.
- серед коштовного каміння є таке, що має біогенне походження. До них належать бурштин, перлини, червоні коралі, амоліт. Деякі з них видобувають на території України, деякі є рідкісними і потребують охорони, інші представлені одиничними родовищами.

**Висновки.** Огляд й аналіз музейних зібрань і фондів Палеонтологічного музею дозволив виділити колекції, які за цінністю можуть бути класифіковані на унікальні і рідкісні (оригінали до публікацій, біостратиграфічно важливі таксони, голотипи, лектотипи, паратипи, фосилії з територій природно-заповідного фонду України, зразки з відслонень та гірничих виробіток, які сьогодні не існують (знищені), експонати, які належать до коштовного або декоративного каміння). До другої групи можуть бути віднесені зразки, які формують експозиційні виставки відповідних тематик (відділів). До третьої групи – колекції і зразки, які використовуються у навчальному процесі (навчальні колекції, зразки для самостійної (творчої) роботи студентів, учнів).

У Палеонтологічному музеї Львівського Університету зберігається найцінніший науковий матеріал – палеонтологічне зібрання (95 %), яке становить 18 тисяч одиниць зберігання. Значна частка колекцій припадає на монографічний відділ. Унікальність зібрання полягає в тому, що основна його частина походить з території України і є результатом палеонтолого-стратиграфічних досліджень, проведених за період з 1825 по 2021 рр. За всіма критеріями (історією становлення та розвитку (*Тузяк, 2021; Tuzyak, 2021b*), унікальністю, рідкістю та цінністю музейні колекції та фонди Палеонтологічного музею заслуговують на надання їм статусу національного надбання. Це не лише природна спадщина, але й історико-культурне надбання України. Втрата такого об’єкта нанесе негативні наслідки для розвитку науки та суспільства.

**Список використаних джерел:**

Анфімова Г.В., Гриценко В.П., Деревська К.І., Руденко К.В. [2019] Палеонтологічне зібрання відділу геології Національного науково-природничого музею НАН України як наукова спадщина // GEO&BIO. – Vol. 17. – P. 136–147.

Муравська С.В. [2018] Музейні заклади у системі вищої освіти Західної України на тлі світових тенденцій / Центр пам'яткознавства НАН України і УТОПІК. – Львів. – 244 с.

Тузяк Я. [2021] Палеонтологічний музей Львівського національного університету на межі тисячоліть: історія, етапи становлення, сучасний стан // International scientific and practical conference «Challenges, threats and developments in biology, agriculture, ecology, geography, geology and chemistry»: conference proceedings, July 2-3, 2021. Lublin, : "Baltija Publishing" – P. 186–190.

Tuzyak Ya. [2021a] Conceptual and theoretical model of Natural Museums in the paradigm of modern education // The XXVI International Science Conference «Topical issues of practice and science», May 18-21, 2021, London, Great Britain. – P. 150–153.

Tuzyak Ya. [2021b] Paleontological Museum of LNU: prerequisites for creation, formation stages, substantiation of the value of collections and expositions, its importance to society // The 2 nd International scientific and practical conference «Modern directions of scientific research development» (August 4-6, 2021) BoScience Publisher, Chicago, USA. – P. 133–143.

MinGeo
Integration XXI

---

# A SUITE OF EOARCHEAN ENDERBITES AND MAFIC GRANULITES IN THE DNIESTER-BOUH DOMAIN OF THE UKRAINIAN SHIELD

***Shumlyanskyy L.[1], Wilde S.A.[1], Nemchin A.A.[1], Claesson S.[2], Billström K.[2]***

*[1] School of Earth and Planetary Sciences, Curtin University, Perth, Australia, Leonid.Shumlyanskyy@curtin.edu.au; s.wilde@curtin.edu.au; A.Nemchin@curtin.edu.au*
*[2] Swedish Museum of Natural History, Stockholm, Sweden, stefan.claesson@nrm.se; kjell.billstrom @nrm.se*

***Results of a geochronological and geochemical study of the Eoarchean rock assemblage in the Dniester-Bouh Domain of the Ukrainian Shield are discussed. The oldest in the Ukrainian Shield rocks are represented by enderbites that crystallized at 3786 ± 32 Ma. The second episode of crystallization at 3569 ± 22 Ma included both enderbite and mafic rocks. Zircons that crystallized during these events have chodritic Hf isotope systematics. A subsequent tectono-thermal event(s) took place between ca. 3000 Ma and 2700 Ma, and between ca. 2000 Ma and 1900 Ma and were accompanied by significant input of juvenile material.***

## АСОЦІАЦІЯ ЕОАРХЕЙСЬКИХ ЕНДЕРБІТІВ ТА МАФІЧНИХ ГРАНУЛІТІВ ДНІСТРОВСЬКО-БУЗЬКОГО РАЙОНУ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

***Шумлянський Л., Вайлд С.А., Немчін О., Клайсон С., Білстрьом Ш.***

We discuss results of a geochronological and geochemical study of the Eoarchean rock assemblage in the Dniester-Bouh Domain of the Ukrainian Shield. The assemblage comprises granulite-facies granitoids, mainly of tonalitic composition (enderbite), intercalated with mafic and ultramafic granulites (e.g., *Claesson et al., 2015; 2019; Shumlyanskyy et al., 2020*).

The U-Pb zircon geochronology indicates primary enderbite crystallisation at 3786 ± 32 Ma (*Claesson et al., 2015*), followed by a second episode at 3569 ± 22 Ma that included both enderbite and mafic rocks. A subsequent tectono-thermal event(s) during which several metamorphic, metasomatic, and igneous episodes can be tentatively identified, affected these rocks between ca. 3000 Ma and 2700 Ma. The last zircon crystallisation event took place in the Paleoproterozoic in response to granulite facies metamorphism and included at least two episodes: at ca. 2000 and ca. 1900 Ma.

Zircons from enderbites that crystallised during the first event have $\varepsilon Hf_{(3790)} \sim 1$, whereas zircons formed during the second event have $\varepsilon Hf_{(3560)}$ values around 0, indicating their crystallisation from a protolith with a short crustal residence time. A similar conclusion can be made from whole-rock Nd isotope systematics of the enderbites and mafic granulites that have model ages varying in the range of 3.66-4.02 Ga and $\varepsilon Nd_{3800}$ values from -1.5 to 2.6 (*Claesson et al., 2019*).

Mesoarchean to Neoarchean zircons have variable Hf isotope characteristics and reveal some input of juvenile material. Zircons that crystallised during the 3000-2700 Ma tectono-thermal event(s) vary in Hf isotope systematics from $\varepsilon Hf \sim 0$ at ca. 3000 Ma to $\varepsilon Hf \sim -16$ at c. 2700 Ma. In contrast to the oldest zircon population that plot along the line with $^{176}Lu/^{177}Hf = 0$, hafnium isotope composition of these zircons indicates mixing of old non-radiogenic Hf derived from Eoarchean zircons, and juvenile radiogenic Hf. Paleoproterozoic zircons reveal even more significant variations in εHf value from +6 to -22. Such variations are indicative of juvenile input and mixing with old non-radiogenic Hf.

Both mafic and felsic Eoarchean rocks of the Dniester-Bouh Domain of the Ukrainian Shield are depleted in incompatible trace elements and have negative Ta-Nb, P, and Ti spikes. Compared to the typical TTG associations (*Moyen and Martin, 2012*), these enderbites are depleted in felsic components ($SiO_2$, $Na_2O$, $K_2O$, Rb, Th), and enriched in mafic ones ($TiO_2$, MgO, CaO, V), allowing them to be defined as “mafic” or “depleted” TTG.

Despite the close geochemical affinity, enderbites and mafic rocks in the Dniester-Bouh Domain also reveal some differences. Enderbites are more depleted in Rb, Th, and HREE than the mafic granulites. Mafic and ultramafic rocks have flat or slightly fractionated REE pattern, whereas enderbites have fractionated REE patterns that suggest the presence of garnet in their source. Hence, enderbites and mafic rocks do not represent products of the differentiation of a common primary source.

Geochemical data indicate that mafic and ultramafic rocks of the Dniester-Bouh Domain formed by shallow high-degree melting of the mantle, with the absence of garnet in their source, and the presence of residual Ti-bearing minerals and/or amphibole. In contrast, enderbites formed from a mixed garnet-bearing amphibolite – eclogite source, i.e., melts were generated over a range of pressures/depths. Our preferred model of formation of the Eoarchean rock association involves the shallow melting of mantle and formation of basalts and accompanying ultramafic cumulates at a spreading centre, with underthrusting of one segment of oceanic crust beneath the other, and partial melting of hydrated mafic rocks in the underthrust plate, leading to the formation of the TTG melts.

Similar to other Eoarchean domains worldwide, geochemical data for the Dniester-Bouh Domain indicate the origin of the primary melts from a nearly chondritic mantle source.

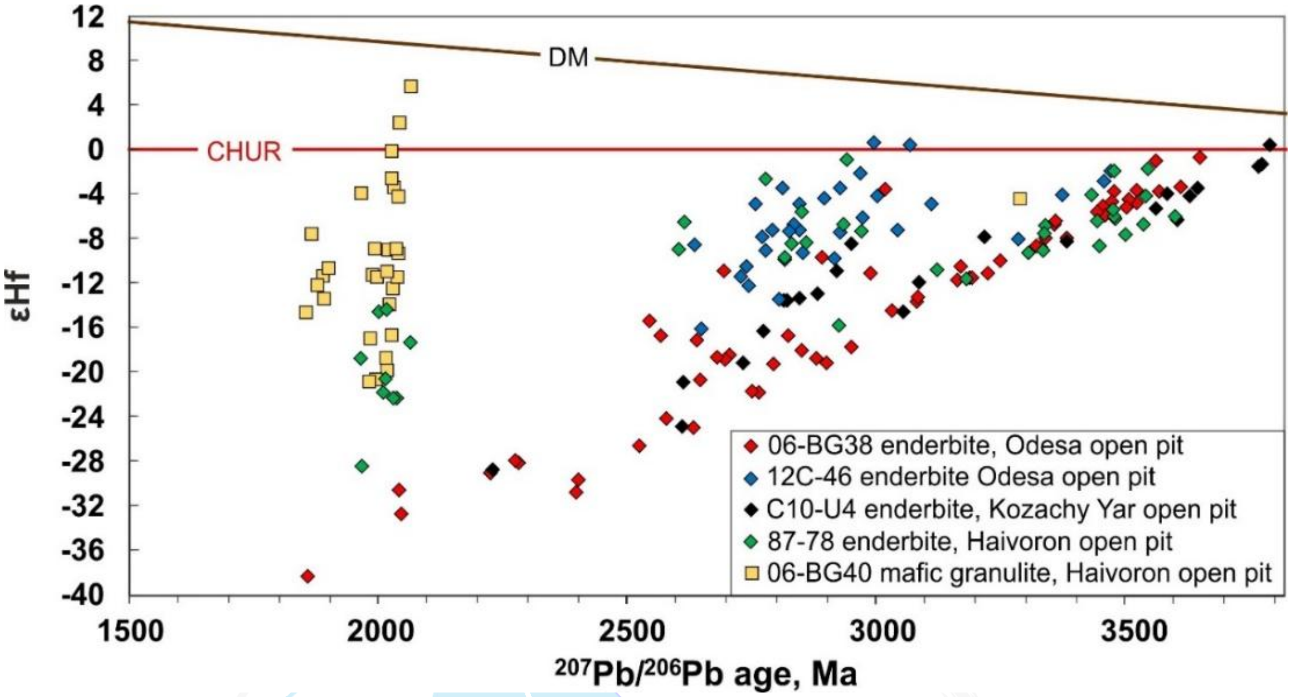


***Figure 1.*** *εHf vs. $^{207}Pb/^{206}Pb$ age diagram showing variations of Hf isotope compositions in zircons separated from enderbites and mafic granulites. Data for sample 06-BG38 are from Claesson et al. (2015).*

**References:**

Claesson S., Artemenko G., Bogdanova S., Shumlyanskyy L. [2019]. Archean crustal evolution in the Ukrainian shield. In: Martin J. Van Kranendonk, Vickie Bennett, Elis Hoffmann (Eds.), Earth's oldest rocks, second edition.– P. 837-854.

Claesson S., Bibikova E., Shumlyanskyy L.V., Dhuime B., Hawkesworth C.J. [2015]. The oldest crust in the Ukrainian Shield – Eoarchaean U–Pb ages and Hf–Nd constraints from enderbites and metasediments. In: Roberts, N.M.W., Van Kranendonk, M., Parman, M., Shirey, S., Clift, P.D. (Eds.) Continental Formation Through Time. Geol. Soc., London, Spec. Publ. – P.227–259.

Moyen J.-F., Martin H. [2012]. Forty years of TTG research. Lithos. – 148. – P. 312-336.

Shumlyanskyy L., Wilde S.A., Nemchin A.A., Claesson S., Billström K., Bagiński B. [2021]. Eoarchean rock association in the Dniester-Bouh Domain of the Ukrainian shield: a suite of LILE-depleted enderbites and mafic granulites. Precam. Res.– 352. – P. 106001.

## FIRST DISCOVERY OF ZIRCONS OLDER THAN 3.8 GA IN THE UKRAINIAN SHIELD

***Shumlyanskyy L.[1], Wilde S.A.[1], Artemenko G.[2], Bekker A.[3], Whitehouse M.J.[4], Nemchin A.A.[1]***

*[1]School of Earth and Planetary Sciences, Curtin University, Perth, Australia,*
*Leonid.Shumlyanskyy@curtin.edu.au; s.wilde@curtin.edu.au*
*[2]Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation, Kyiv, Ukraine, regulgeo@gmail.com*
*[3]Department of Earth and Planetary Sciences, University of California, Riverside, USA,*
*andreyb@ucr.edu*
*[4]Swedish Museum of Natural History, Stockholm, Sweden, martin.whitehouse@nrm.se*

***The authors report a newly obtained U-Pb and Hf isotope data for zircons from intermediate metavolcanics that occur in the Huliaypole syncline, the West Azov Domain***

***of the Ukrainian Shield. Two zircon populations have been identified: (1) 3085-2850 Ma: that has variable Hf isotope characteristics, indicating both significant mantle input and reworking of the older crust; (2) 3700-3360 Ma: which also has both juvenile and strongly negative εHf values. The age of two grains exceeds 3800 Ma, and these represent the oldest zircons so far found in the Ukrainian Shield. Their Hf isotope characteristics also indicate the presence of Hadean material in the Azov Domain of the Ukrainian Shield.***

## ПЕРША ЗНАХІДКА ЦИРКОНІВ ДАВНІШИХ ЗА 3.8 МЛРД РОКІВ НА УКРАЇНСЬКОМУ ЩИТІ

***Шумлянський Л., Вайлд С.А., Артеменко Г., Беккер А., Вайтхауз М.Д., Немчін О.***

The oldest rock association in the Azov Domain of the Ukrainian Shield is represented by the West Azov Series that comprises pyroxene gneisses, crystalline schists, amphibolites and amphibole gneisses preserved as variably-sized relics among the Mesoarchean TTG associations. A Paleoarchean age of ca. 3.3 Ga has previously been established for tonalites from this area *(Artemenko et al., 2014).*

Another suite of old rocks, the Novopavlivka Formation, has been established in the Orekhiv-Pavlohrad suture zone that separates the Azov and Middle Dnieper Domains of the Ukrainian Shield. These are two-pyroxene crystalline gneisses, amphibolites, gabbro-amphibolites, pyroxenites, thin interlayers of magnetite-pyroxene quartzites, and gneisses. Pyroxenites and tonalites of the Novopavlivka Formation have yielded U-Pb age of 3670 Ma (*Bibikova and Williams, 1990*). A younger (3.5 Ga) suite of tonalites have been identified from the northern part of the Orekhiv-Pavlohrad suture zone (*Lobach-Zhuchenko et al., 2014*).

We report a newly obtained U-Pb age, together with Lu-Hf isotope data, for zircons from intermediate metavolcanics that occur in the Huliaypole syncline, located in the central part of the Huliaypole granite-greenstone belt and is ca. 9 km in length and 3.5 km in width. The thickness of the sediments filling the syncline reached 1700 m, and they are represented predominantly by various quartzites and schists with a few interlayers of felsic and intermediate metavolcanics. Previous U-Pb multigrain TIMS dating of zircons from metasandstone of the Hulyaipole suite yielded an age of 2.9 ± 0.1 Ga for detrital and ca. 2.14 Ga for metamorphic zircons (*Shcherbak et al., 2006*).

We applied the LA-ICP-MS method for U-Pb dating and Hf isotope measurement of 36 zircon grains separated from a meta-trachyandesite of the Hulyaipole suite. The age of the oldest (>3575 Ma) zircons was further confirmed by SIMS dating.

Two zircon populations have been identified:

(1) 3085-2850 Ma: that has variable Hf isotope characteristics, with five grains having εHf from 6.2 to -0.5 and six grains from -7.5 to -21, indicating both significant mantle input and reworking of the older crust;

(2) 3700-3360 Ma: which also has both juvenile Hf isotope characteristics (εHf up to 1.6), and strongly negative εHf values (down to -7.7 at 3705 Ma).

These two zircon populations broadly correspond to the main Archean crust-forming events in the Ukrainian Shield, that were previously revealed in rocks of the Dniester-Bouh and Azov Domains (*Bibikova and Williams, 1990; Bibikova et al., 2010; 2013; Stepanyuk et al., 2010; Shumlyanskyy et al., 2015; 2021; Claesson et al., 2015; 2019*).

In addition, the age of two grains exceeds 3800 Ma (3805 Ma with εHf = -3.3, and 3971 Ma with εHf = -1.3), and these represent the oldest zircons so far found in the Ukrainian Shield. Their Hf isotope characteristics also indicate the presence of Hadean material in the Azov Domain of the Ukrainian Shield, with mafic and felsic crust models yielded ages of ca. 4.4 and 4.2 Ga, respectively.

The minimum model age calculated at $^{176}$Lu/$^{177}$Hf = 0 for zircons with the lowermost εHf values in each of the age populations is ca. 4.1 Ga (Figure 1). Hence, some of the zircons with apparent relatively young U-Pb ages may represent Hadean crystals that experienced resetting of the U-Pb isotope systematics during the subsequent thermal events.

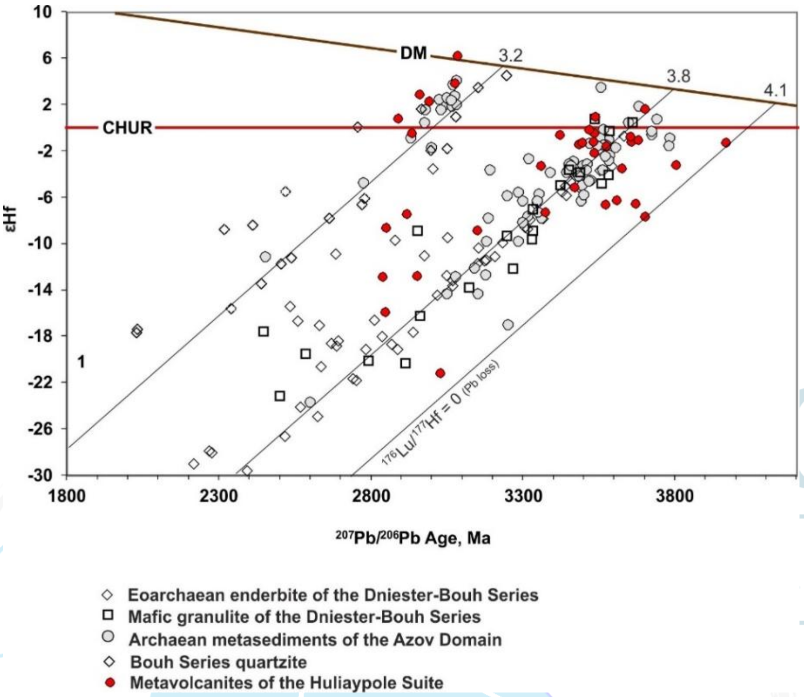


***Figure 1.*** *Hf isotope systematics of zircons from felsic metavolcanics of the Huliaypole syncline. Zircons from other rock complexes of the Ukrainian Shield (Bibikova et al., 2013; Claesson et al., 2015; Shumlyanskyy et al., 2015) are shown for comparison.*

## References :

Artemenko G.V., Shumlyanskyy L.V., Shvaika I.A. [2014]. Paleoarchean tonalitic gneisses of the West Azov area (Azov Domain of the Ukrainian Shield). Geological Journal. – iss. 4.– P. 91-102. (In Russian).

Bibikova E., Claesson S., Fedotova A., Artemenko G., Ilyinsky L. [2010]. Early Archean crust of the Middle Dnepr and Azov Domains, Ukrainian shield: evidence from ages of detrital zircons in Mesoarchean greenstone belts. American Journal of Science. – 310. – P.1595-1622.

Bibikova E.V., Claesson S., Fedotova A.A., Stepanyuk L.M., Shumlyanskyy L.V., Kirnozova T.I., Fugzan M.M. Ilinsky L.S. [2013]. Isotope geochronological (U-Th-Pb, Lu-Hf) study of zircons from the Archean magmatic and metasedimentary rocks of the Podolia Domain, Ukrainian shield. Geochemistry International. – 51. – P. 87-108.

Bibikova E.V., Williams I.S. [1990] Ion microprobe U-Th-Pb isotopic studies of zircons from three early Precambrian areas in the USSR. Precambrian Research. – 48.– P. 203-221.

Claesson S., Artemenko G., Bogdanova S., Shumlyanskyy L. [2019]. Archean crustal evolution in the Ukrainian shield. In: Earth's oldest rocks, second edition. Eds: Martin J. van Kranendonk, Vickie Bennett, Elis Hoffmann, Elsevier. – P. 837-854.

Claesson S., Bibikova E., Shumlyanskyy L., Dhuime B., Hawkesworth C. [2015]. The oldest crust in the Ukrainian Shield – Eoarchean U-Pb ages and Hf-Nd constraints from enderbites and metasediments. In: Van Kranendonk, N.M.W., Parman, S., Shirey, S. & Clift, P.D. (eds) Continent Formation Through Time. Geological Society, London, Special Publications. – 389. – P. 227-259.

Lobach-Zhuchenko S.B., Balagansky V.V., Baltybaev Sh.K., Bibikova E.V., Chekulaev V.P., Yurchenko A.V., Arestova N.A., Artemenko G.V., Egorova Yu.S., Bogomolov E.S., Sergeev S.A.,

Skublov S.G., Presnyakov S.L. [2014]. The Orekhov-Pavlograd Zone, Ukrainian shield: milestones of its evolutionary history and constraints for tectonic models. Precambrian Research. – 252. – P 71-87.
Shcherbak N.P., Artemenko G.V., Lesnaya I.M., Ponomarenko A.N. [2005]. Geochronology of the Early Precambrian of the Ukrainian Shield. Archaean. Naukova Dumka, Kyiv.– 244 p. (in Russian).
Shumlyanskyy L., Hawkesworth C., Dhuime B., Billström K., Claesson S., Storey C. [2015]. $^{207}$Pb/$^{206}$Pb ages and Hf isotope composition of zircons from sedimentary rocks of the Ukrainian shield: crustal growth of the south-western part of East European craton from Archaean to Neoproterozoic. Precam. Res. – 260. – P. 39-54.
Shumlyanskyy L., Wilde S.A., Nemchin A.A., Claesson S., Billström K., Bagiński B. [2021]. Eoarchean rock association in the Dniester-Bouh Domain of the Ukrainian shield: a suite of LILE-depleted enderbites and mafic granulites. Precam. Res.– 352. – P. 106001.
Stepanyuk L.M., Shumlyanskyy L.V., Ponomarenko O.M., Dovbush T.I., Vysotsky O.B., Dhuime B. [2010]. On the question of the age limits of the formation of the Kosharo-Oleksandrivka Suite of the Bouh Series in the Bouh area. Geochem. Ore Formation. – 28. – P. 4-10. (In Ukrainian).

MinGeo
Integration XXI

## ВСТАНОВЛЕННЯ СТУПЕНЯ ВИСНАЖЕНОСТІ КЕРОГЕНУ РОДОВИЩ ВУГЛЕВОДНІВ ДНІПРОВСЬКО-ДОНЕЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ ТЕРМОДИНАМІЧНИМИ МЕТОДАМИ

***Хоха Ю.В., Яковенко М.Б., Любчак О.В.***

*Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів,*
*khoha_yury@ukr.net, myroslavakoshil@ukr.net, lubchak1973@ukr.net*

***The possibility of determining the modes of organic matter evolution by the chemical composition of modern fields gas phase is considered. Equilibrium thermodynamics apparatus in combination with the entropy maximization method allows calculating the composition of the «kerogen/gas» system in a wide range of temperatures and pressures. The algorithm of this calculation is based on the formalism of Jaynes, which allows to obtain consistent data with an uncertain composition of the initial system. The influence of geodynamic modes of the Dnieper-Donets depression formation on the main factors that control the organic matter evolution is estimated. The amount of methane formed during the destruction of kerogen during catagenetic transformations was estimated. It was found that the kerogen of the central axial part of the rift has not yet exhausted the gas generation potential; at the same time, some areas on the sides were significantly depleted due to the deep destruction of the kerogen substance.***

## ESTABLISHMENT OF THE KEROGEN EXHAUSTION DEGREE FOR HYDROCARBON DEPOSITS OF THE DNIPRO-DONETSK DEPRESSION BY THERMODYNAMIC METHODS

*Khokha Yu.V., Yakovenko M.B., Lyubchak O.V.*

**Вступ**. Предметом наших досліджень був хімічний склад родовищ викопних вуглеводнів, розташованих на території Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ). За кількістю відкритих та прогнозних родовищ, ДДЗ не має собі рівних на території України. Більше сотні родовищ промислового значення зосереджені в широкому інтервалі глибин та в багатьох стратиграфічних підрозділах, які сягають протерозойського фундаменту на глибинах понад 6000 м. Геологічна історія регіону нерозривно пов'язана із виникненням покладів вуглеводнів та еволюцією їхніх речовинних комплексів.

Найбільший вплив на трансформацію органічної речовини (ОР), в контексті обраної методики розрахунку, мають такі фактори, як тиск, температура та початковий склад системи. І якщо початковий склад ОР регулюється режимами седиментації та особливостями наземної біоти в епохи накопичення продуктивних пластів, то тиск і температура є функціями геодинамічних режимів. Складний характер еволюції Дніпровсько-Донецького авлакогену спричинив особливу картину розподілу ступеня виснаженості керогену регіону, що буде показано далі.

**Аналіз попередніх досліджень, формулювання проблеми, актуальність її вирішення**. В сучасній геологічній практиці для оцінки здатності ОР до продукування легких вуглеводнів (ВВ) найбільше використовуються методи, засновані на безпосередньому вимірюванні фізико-хімічних характеристик ОР, вилученої з порід продуктивних товщ. Вони зводяться до видалення мінеральної матриці під впливом агресивних реагентів та температури із подальшим піролізом чистої ОР. Незважаючи на тривалий досвід та позитивні результати використання піролізу виокремленої ОР, процес підготовки зразків, починаючи з їхнього вилучення, залишається вартісним та трудомістким. Для оцінки можливого приросту запасів та локалізації нових покладів для освоєних площ нафтогазоносних регіонів можна використати вже наявні відомості і не тільки про склад ОР продуктивних горизонтів, а й інформацію, яку легше отримати, – склад газів сучасних родовищ.

Комплекс попередніх робіт засвідчив, що пропорційний склад газів у сучасних покладах містить інформацію про первинний склад системи «кероген/ВВ» та може бути використаний для оцінки генеративного потенціалу керогену і шляхів еволюції газів нафтогазоносних регіонів (*Хоха та ін., 2019*).

**Мета дослідження** — методами рівноважної термодинаміки, що спираються на засади формалізму Джейнса, провести оцінку ступеня виснаженості керогену родовищ вуглеводнів Дніпровсько-Донецької западини.

**Методологія досліджень та результати**. Для обчислення складу системи «кероген/вуглеводні/неорганічні сполуки» для Східного нафтогазоносного регіону України в стані термодинамічної рівноваги ми обрали спосіб, який базується на визначенні найбільш імовірного розподілу структурних елементів в твердій компоненті ОР у комплексі з окремими сполуками. Цей підхід є принципово відмінним від широкого використання так званих модельних структур ОР. Ця відмінність зумовлює застосування іншого фізико-хімічного та математичного апарату.

У спосіб, докладно описаний в (*Хоха та ін., 2018; Хоха та ін., 2019*), обчислено систему, яка складається з ОР та спектра органічних і неорганічних низькомолекулярних компонентів. За ОР нами обрано кероген II типу, який має певне поширення в межах карбону в сланцевих осадових товщах кам'яновугільних комплексів ДДЗ (*Вакарчук та ін., 2013; Панченко та ін., 2015*). Вихідні дані для розрахунку – елементний склад ОР, отриманий шляхом усереднення даних з декількох джерел (*Хоха та ін., 2020*): вуглець – 82,5; водень – 6,9; кисень – 6; азот – 2,6 і сірка – 2 (в масових частках елементів, %). Для встановлення структури ОР нами обрано адитивну схему ван Кревелена (*van Krevelen, Chermin, 1951*), що описує речовину у вигляді 44 адитивних складових, які повно описують її структуру. У рівновазі з ОР нами визначався вміст таких компонентів: $CO_2$, $H_2O$, $H_2S$, $NH_3$, $CH_4$, $C_2H_6$, $C_3H_8$, i-$C_4H_{10}$, n-$C_4H_{10}$, i-$C_5H_{12}$, neo-$C_5H_{12}$, n-$C_5H_{12}$. Розв'язання шукають максимізацією ентропії, вибираючи з набору квазірівноважних проміжних розв'язків таке, що характеризується мінімальною енергією Гіббса. Алгоритм базується на використанні методу Монте-Карло, поєднаним із розв'язанням системи нелінійних рівнянь ітераційним методом Ньютона-Рафсона.

Розподіл температур по розрізу обирався для трьох теплових потоків: 40, 75 та 100 мВт/м$^2$, значення тиску відповідали рекомендованим Preliminary Reference Earth Model (PREM). Величина температури в межах осадової товщі суттєво впливає на характер перерозподілу елементів між керогеном та газами, проте окремі тенденції є однаковими для всіх теплових потоків. Так, для всіх теплових потоків із зануренням у рівновазі з керогеном зростає частка води та сірководню і практично обернено пропорційно до води зменшується частка вуглекислого газу.

Перерозподіл вуглецю між газовими компонентами не має монотонного характеру. Найбільшу частку в газах становить метан, мольна частка якого із зануренням поступово зменшується. Із зростанням кількості атомів вуглецю в молекулі концентрація газів зменшується від етану до пентану. Характерною особливістю змін у концентрації вуглеводнів, важчих за метан, є наявність концентраційного максимуму в межах «нафтового вікна», який проявляється для всіх теплових режимів, але краще виражений в зонах з малим тепловим потоком (40 мВт/м$^2$). Тобто, із зануренням вуглець в системі спочатку перерозподіляється на утворення довголанцюгових алканів, максимум яких спостерігається в межах глибин 2–4 км; із подальшим зростанням температури її деструктивний вплив вже не компенсується консолідуючим фактором тиску, і частка важких алканів починає зменшуватися разом із втратою метану в системі.

Визначення кількості метану $V_{CH4}$ (л або дм$^3$), який виділився з одиниці маси (кг) керогену II типу при виміряному співвідношення ізомерів бутану, проводилось за формулою:

$$V_{CH4} = V_m\left(Ae^{0.5/B} + C\right)\left({n_{CH4}}/{\sum n_i}\right);$$

де $V_m$ – молярний об'єм ідеального газу (22,4 дм$^3$/моль), $A$ і $C$ – безрозмірні коефіцієнти, які дорівнюють 0,1594 та 0,0494 відповідно, $B$ – безрозмірне відношення об'ємних часток ізобутану до н-бутану, $n_{CH4}$ – об'ємна частка метану в газі та $\sum n_i$ – сума мольних часток всіх компонентів газової суміші, для яких проводилось вимірювання. Вищенаведена формула дає надійні результати лише в діапазоні відношення ізомерів бутану $B$ від 0,3 до 3,5.

Приклад картосхеми розподілу метаногенераційної продуктивності керогену II типу для ДДЗ, побудованої для теплового потоку 75 мВт/м$^2$, наведена на рисунку 1.

Середнє значення газогенераційного потенціалу керогену ДДЗ становить 8,4 дм$^3$ метану з 1 кг ОР. Ця величина показує, наскільки кероген ще придатний до генерування легких фракцій вуглеводнів. Чим менше метану було згенеровано в процесі еволюції ОР, тим більше водню доступно для подальшого генерування. Вибір саме метану для оцінки генераційного потенціалу полягає у тому, що його утворення забирає найбільшу кількість водню на 1 моль речовини з початкового матеріалу.

**Висновки**. На підставі одержаних результатів можна стверджувати, що ОР центральної осьової частини ДДЗ ще не вичерпала свій газогенераційний потенціал. Лише локальні ділянки по обох бортах рифту вже виснажилися через високі палеотермічні градієнти, які суттєво вплинули на глибину деструкції керогену.

Встановлено, що середня рівноважна температура формування систем «кероген/гази» для ДДЗ для теплового потіку 75 мВт/м$^2$ становить 330 °С (глибина 13,2 км), а для 100 мВт/м$^2$ – 400 °С та 11,8 км, відповідно.

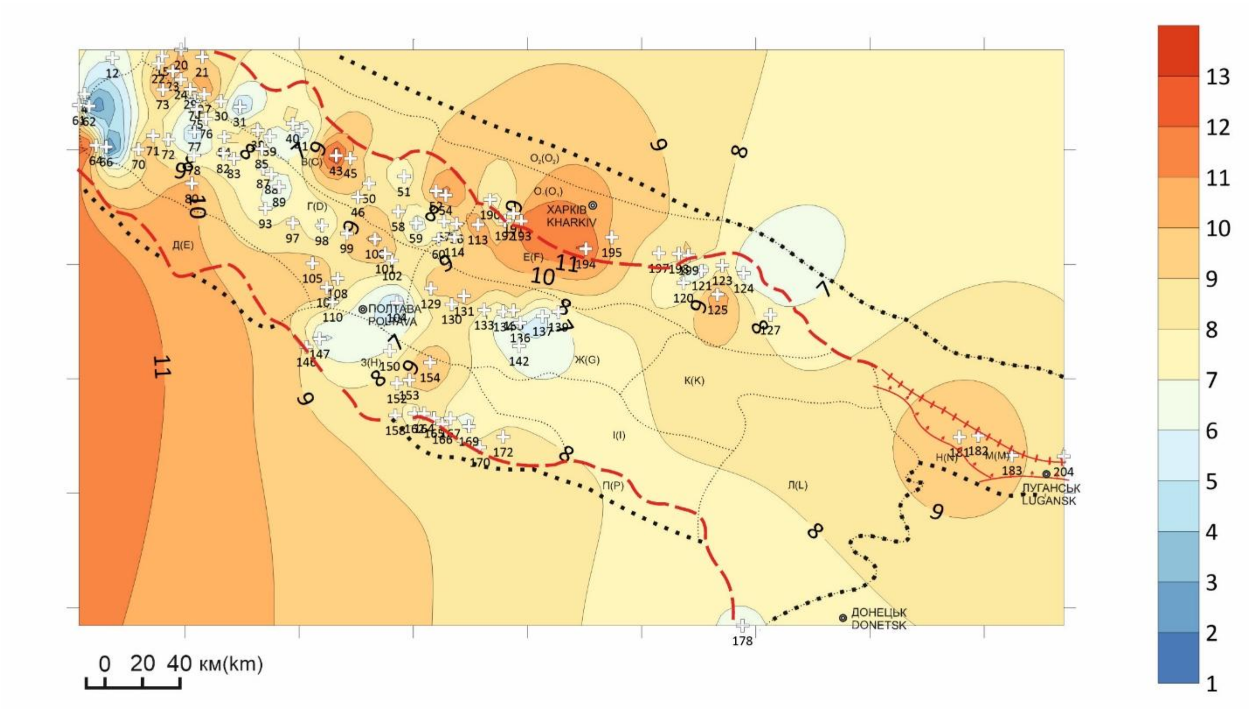


***Рисунок 1.** Об'єм метану (л/кг), згенерованого керогеном II типу для родовищ вуглеводнів ДДЗ.*

**Список використаних джерел**:

Вакарчук С.Г., Зейкан О.Ю. & Довжок Т.Є. [2013]. Нетрадиційні джерела вуглеводнів України. Книга V. Перспективи освоєння ресурсів сланцевого газу та сланцевої нафти Східного нафтогазоносного регіону України. Київ:ТОВ«ВТС ПРИНТ».

Панченко С.І., Голуб П.С. & Семенюк В.Г. [2015]. Практичне використання науково-методичних розробок з визначення перспектив пошуку газу сланцевих товщ та газу центральнобасейнового типу в межах Мехедівсько-Голотівщинського та Свиридівського родовищ. Збірник наукових праць УкрДГРІ – 2 – С. 100-108.

Хоха Ю.В., Любчак О.В. & Яковенко М.Б. [2018]. Вплив температурного режиму на газогенераційний потенціал гумінових кислот органічної речовини. Геологія і геохімія горючих копалин – 3-4 (176-177). – С. 49-63.

Хоха Ю.В., Любчак О.В. & Яковенко М.Б. [2019]. Термодинаміка трансформації керогену II типу. Геологія і геохімія горючих копалин. – 3 (180) – 25-41.

van Krevelen D.W. & Chermin H.A.G. [1951]. Estimation of the free enthalpy (Gibbs free energy) of formation of organic compounds from group contributions. Chemical Engineering Science. – 1(2). – P. 66-80.

# ВИКОРИСТАННЯ НИЗИННИХ ТОРФІВ ЛЬВІВЩИНИ ЯК СИРОВИНИ ДЛЯ ХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

***Яковенко М.Б., Хоха Ю.В., Любчак О.В.***

*Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів,*
*myroslavakoshil@ukr.net, khoha_yury@ukr.net, lubchak1973@ukr.net*

***The possibility of using peat in the Lviv Region as a raw material for the chemical industry, including extraction of humic acids in salts form, is shown. For this purpose, the assessment of the main geological, geochemical and geotechnological characteristics, indicators and parameters of peatlands in Lviv Region (total humus content, degree of decomposition and botanical composition, ash content, reserves of peat deposits, etc.) was carried out based on results of complex research. Based on the obtained results on aggregate indicators, taking into account reserves, ash content, degree of decomposition and humus content, the most suitable and promising areas for the peat production in the Lviv region have been identified. These are: in the Kam'yanka-Busk district – Didylivske and Yarychevske deposits, in the Mykolaiv district – Verbizhske, Saikivske, Demnyanske and Trostyanetske.***

## USE OF LOWLAND PEATS OF LVIV REGION AS RAW MATERIALS FOR CHEMICAL INDUSTRY

***Yakovenko M.B., Khokha Yu.V., Lyubchak O.V.***

**Вступ.** Традиційно низинні торфи Львівщини використовують у двох галузях – енергетичній (спалювання крихти у спеціалізованих печах та брикетування) та сільськогосподарській для покращання якості ґрунтів методом прямого внесення. Проте існує ще один напрямок його застосування – вилучення гумінових речовин у двох формах: розчинній та твердій. Аналіз ринку свідчить, що його левову частку займають розчинені у воді концентровані форми гумінових речовин (точніше їхні солі), подекуди збагачені іншими компонентами.

Гумінові речовини (ГР) відомі з кінця XVШ століття. Вперше гумінові речовини були виділені з торфу німецьким хіміком Ф. Ахардом у 1786 р. Вони вивчались в ХХ ст. та досліджуються зараз багатьма дослідниками, як вітчизняними так і зарубіжними, і в рамках грунтознавства (Л.А. Христєва, М.А. Кононова, Т.А. Кухаренко, Д. С. Орлов, та інші), і сільського господарства, фармакології, вуглехімії тощо.

Гумінові речовини - це складні за будовою системи високомолекулярних і поліфункціональних органічних сполук природного походження, що представляють собою нерегулярні структури ароматичної, гідроароматичної, аліциклічної і гетероциклічної природи, поєднані алкільними ланцюгами з різними функціональними групами. Складність будови гумінових речовин викликана різними факторами та умовами їх формування; істотний вплив на склад і властивості ГР відіграють способи вилучення їх з природних об'єктів.

Гумінові речовини торфів за поведінкою при вилученні умовно поділяються на гумінові кислоти та фульвові кислоти. Вони є специфічною і найбільш представницькою в кількісному відношенні групою біологічно активних сполук торфу (до 49% мас. торфу; від 20 до 70% органічної частини торфу), що володіють цінними властивостями колоїда (наявність біологічної активності, здатність сорбувати різні речовини, відновлювати ряд сполук, надавати стимулюючу дію на ріст рослин та ін.) та впливають на геохімічні, біологічні та біохімічні процеси. Крім того, ГР здатні зв'язувати різні класи екотоксикантів, утворюючи комплекси з металами і стійкі сполуки з різними класами органічних речовин.

**Формулювання проблеми, актуальність її вирішення.** На сьогодні пропонується чимало напрямків використання розчинних солей гумінових кислот (переважно це гумат калію, подекуди гумати натрію та амонію) в різних галузях господарства: в сільському господарстві в якості фактору підвищення врожайності та стимуляторів росту рослин, сировина для органо-мінеральних добрив (застосування гумінових добрив під овочеві культури); для очищення та рекультивації порушених забруднених ґрунтів і вод, а також територій, забруднених органічними речовинами, нафтопродуктами, важкими металами; в меблевій промисловості для виготовлення барвників для деревини; в акумуляторній промисловості в якості розширювача позитивних пластин акумуляторів; в медичних цілях; в ветеринарії; на нафтових промислах тощо.

Проте на ринку найбільшим попитом користуються добрива на основі гумату калію. Залежно від виробника, типу фасування, ємності, вмісту солей гумінових кислот та добавок, роздрібні ціни на таку продукцію коливаються в межах 35-120 грн/л. Крім рідкої форми гуматів, виробляються тверді грануляти для внесення у ґрунт сівалкою та гелеві розчинні форми, що містять гумат калію. Вартість такої продукції дещо вища, за рахунок більшої собівартості її виготовлення.

Солі гумінових кислот чинять комплексну дію на рослинність. Внесення гумату калію в прикореневу зону стимулює розвиток потужної кореневої системи та покращує живлення всієї рослини, що в свою чергу, забезпечує підвищення посухостійкості, морозостійкості, врожайності і якості продукції. Є відомості, що використання гуматів інтенсифікує дію засобів захисту рослин та добрив. Крім того, завдяки своєму походженню, гумати покращують якість ґрунтів та збільшують їхню біохімічну активність. Ринок гумату калію є досить розвиненим в країнах Європи з огляду на тенденцію до переходу на «органічне» господарювання.

Існують інші, більш спеціалізовані сфери застосування гуматів. Зокрема, на нафтових промислах як компонент-стабілізатор глинистих бурових розчинів, що застосовуються при бурінні нафтових свердловин, для покращання їхніх реологічних властивостей без використання сульфурвмісних синтетичних ПАР, а також служать основою розчинів, призначених для промивання водоносних горизонтів, забруднених ароматичними речовинами. Перспективним є вироблення реагентів для бурових робіт на кшталт УШР чи БРЕГ-2 (продукуються в Башкортостані, Казахстані та ін., основою є гумат натрію). Вони використовуються для регулювання фізико-хімічних властивостей бурових глинистих розчинів на водній основі, та застосовуться переважно при буріння нафтових та газових свердловин. Вартість продукції в гуртових партіях становить 9-10 грн/кг.

Виробництво гуматів калію та натрію полягає в основній операції – їхньому вилученні з торфів за допомогою обробки розчинами відповідного лугу (гідроксиду калію або гідроксиду натрію) протягом декількох годин, переважно при помірному нагріванні. Отриману після обробки лугом суміш, яка складається з торфяної маси, насиченої розчиненими гуматами, розділюють на рідку та тверду частини в різний спосіб. Рідку частину змішують з добавками (за потреби), після чого загущують (також за потреби) із використанням тонкоплівкових випаровувачів або інших технічних рішень, за атмосферного тиску або при слабкому вакуумі. Гелефікацію (переведення у форму гелю) можна проводити на ротаційних випаровувачах, залежно від виду кінцевої продукції. Чисті гумінові кислоти отримують осадженням солей соляною кислотою, з подальшим фільтруванням та сушінням. Залишки торфу після вилучення гуматів можуть бути використані як матеріал для термічного перероблення із одержанням напівкоксу, смоли та горючого газу.

**Фактичний матеріал та методологія досліджень, отримані результати, їх обговорення.** З метою встановлення придатності використання низинних торфів Львівщини як сировини для хімічної промисловості, у тому числі для вилучення, виробництва гумінових кислот та їхніх солей, проведено оцінку основних геолого-геохімічних та геотехнологічних характеристик, показників та параметрів низинних торфовищ Львівської області (сумарний вміст гумусу, ступінь розкладання та ботанічний склад, зольність, запаси родовищ торфу та ін. *(Лиштван и др., 1989; Хоха та ін., 2013)* за результатами як власних, так і комплексних досліджень *(неопубл. результати Галенко В.Г. та ін., 1974)*, проведених лабораторіями ЛДУ імені Івана Франка, Львівської міжобласної інспекції «Укрінсторфдобриво» і Львівської геологічної експедиції; визначення проводилось за стандартом ГОСТ 10650-72, який передбачає відділення коагульованого гумусу (після обробки $FeCl_3$) від волокон ситовим аналізом у водному середовищі з формуванням об'ємів осадів центрифугуванням і подальшим визначенням ступеня розкладання за допомогою графіка.

Проведена оцінка геолого-технологічних та геохімічних характеристик торфів засвідчила, що найбільш придатними для видобутку гуматів калію та натрію (як компонента глинистих бурових розчинів) у Львівській області є р-ща торфів Кам'янко-Буського і Миколаївського районів. Це зона, що простягається від Миколаїва на північний схід до Кам'янки-Буської через Новий Яричів; зі сходу обмежена Перемишлянами, а із заходу – Львовом. Це ділянки торфовищ з максимальним вмістом гумусу: в Кам'янко-Буському районі – це Дідилівське та Яричевське родовища; особливу увагу привертає останнє, яке розташовано при с. Великі Підліски, з огляду на високі прогнозі запаси торфу в 3,3 млн. т; в Миколаївському районі – Вербіжське, Сайківське, Демнянське та Тростянецьке з прогнозними запасами в межах 0,16-0,22 млн. т.

Досліджені зразки торфів перелічених родовищ не містять важкі метали у небезпечних кількостях та володіють високими виходами гумінових кислот у перерахунку на суху масу.

Вміст гумусу в органічній речовині досліджуваних торфів Львівської області характеризується досить однорідним розподілом (коеф. варіації – 29,99, дисперсія – 39,5, ст. відхилення – 6,29). Середній вміст *гумусу* в ОР торфів 20,96 % (min = 9,8; max= 35,5 %, вміст за медіаною = 19,48 %).

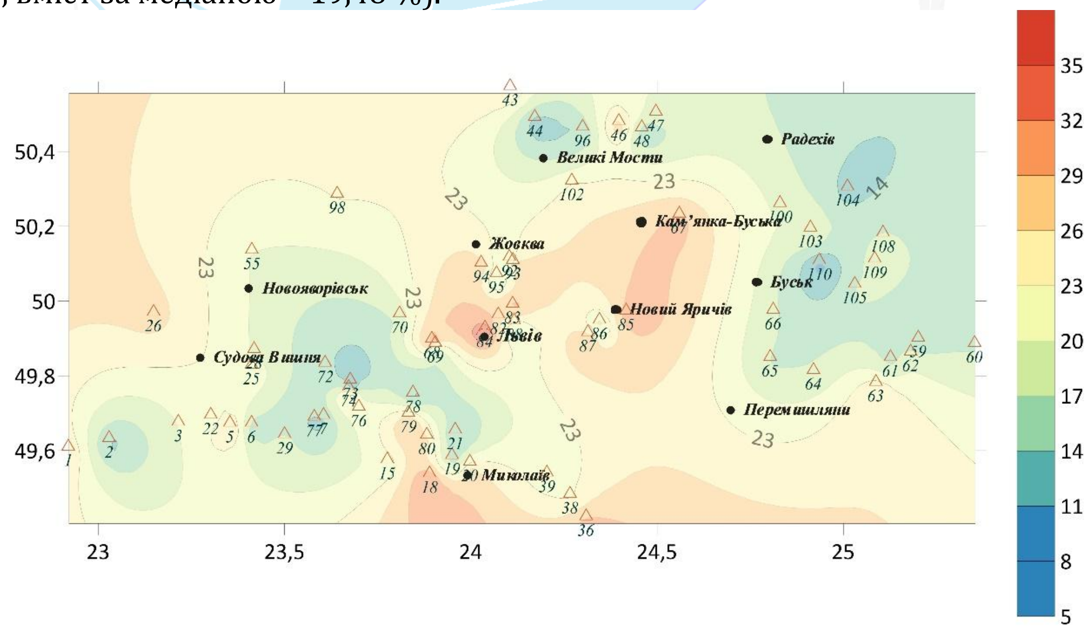


**Рисунок 1.** *Розподіл вмісту гумусу торфів Львівської області. Родовища торфу: 1 – Болозів; 2 – Біличі; 3 – Ятвяги; 5 – Роздільне; 6 – Шептичі; 7 – Хишевичське; 15 – Козушин; 18 – Сайків; 19 – Демня; 20 – Тростянець; 21 – Хоросно; 22 – Костильниківське; 25 – Бортятино-Новоселковське; 26 – Краковець; 28 – Вижомля; 29 – Колбаєвичі; 36 – Ходорів; 38 – Чорний Острів; 39 – Борусів; 43 – Подільське ІІ; 44 – Савчин; 46 – Тартаків; 47 – Лещатів; 48 – Спасів; 55 – Руда; 59 – Чепелі; 60 – Яснище; 61 – Кругов; 62 – Лукавець; 63 – Івачев; 64 – Струтинь ІІ; 65 – Княже; 66 – Ожидів; 67 – Вузлове; 68 – Рясне; 69 – Рясне ІІ; 70 – Лозина; 72 – Дроздовичі; 73 – Артищев; 74 – Черляни; 76 – Поріччя; 77 – Коропуж; 78*

*– Полянка; 79 – Острів (Острів-Сердиця); 80 – Лани; 82 – Дорошів; 83 – Гребенці; 84 – Грибовичі; 85 – Баси; 86 – Дідилів; 87 – Яричів; 88 – Ситихів; 92 – Туринка I; 93 – Туринка II; 94 – Білий ліс; 95 – Блищиводи; 96 – Поториця; 98 – Річки II; 100 – Хмільно; 102 – Воловин II; 103 – Станіславчик; 104 – Сморжів; 105 – Висоцьке; 108 – Білявці; 109 – Лагодів; 110 – Руда Брідська.*

Для торфів перелічених родовищ, крім сумарного вмісту гумусу, також враховані ступінь розкладання у середньому близько 30 % (рис. 2); середня зольність торфу, яка не перевищує 48%, а в середньому складає 32,3% (рис. 3).

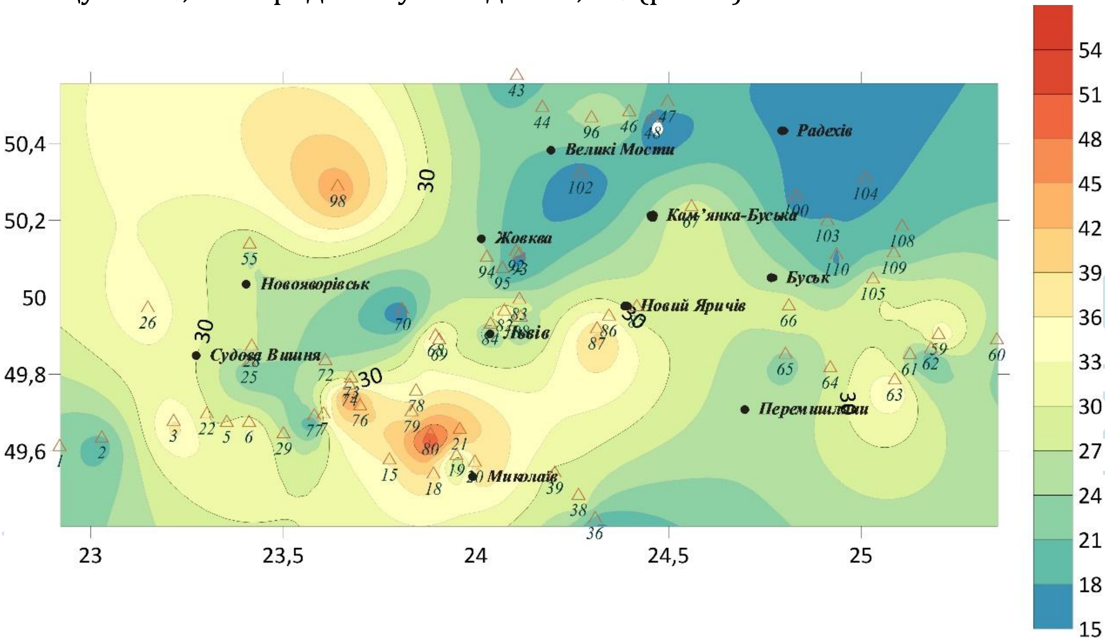


***Рисунок 2.** Розподіл ступеня розкладання торфів Львівської області (позначення див. рис. 1).*

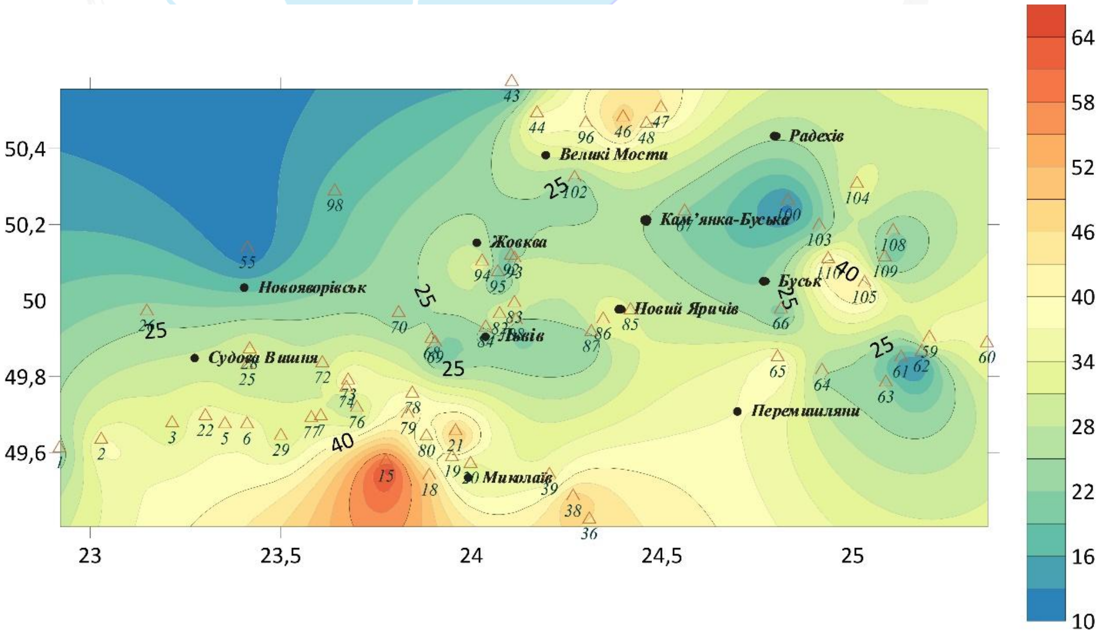


***Рисунок 3.** Розподіл зольності торфів Львівської області (позначення див. рис. 1).*

**Висновки.** За сукупними показниками, що враховують запаси, зольність, ступінь розкладання та вміст гумусу, найбільш перспективними для розробки торфу з метою вилучення гуматів калію та натрію є Яричевське та Тростянецьке родовища.

**Список використаних джерел:**

Лиштван И.И., Базин Е.Т., Гамаюнов Н.И., Терентьев А.А. [1989]. Физика и химия торфа. – М.: Недра. – 304 с.

Хоха Ю.В., Яковенко М.Б., Лук’янчук Д.В. [2013]. Геолого-геохімічні та геотехнологічні особливості торф'яних родовищ Львівської області // Геологія і геохімія горючих копалин. – № 3-4 (164-165). – С. 56-61.

## СКЛАДНІ ДИСЛОКАЦІЙНІ СТРУКТУРИ І ТЕКТОНОФАЦІЇ ПЕРВИННОЇ ЕПІЗОНИ СКИБОВИХ КАРПАТ

***Янченко В.П.***

*ННІ «Інститут геології» Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, yanchen@ukr.net*

***This work is based on the methodology of structural-paragenetic analysis on a tectonofacial basis and is devoted to the study of tectonic processes and structures within the Skyba zone of the Ukrainian Carpathians. The complex dislocation structures of flysch strata have been identified and described, which are distinguished by a multi-rank structural organization, an uneven distribution of deformability and the imposition of pressure on them at a later stage. The latter significantly complicate, and in certain cases even make it impossible, the interpretation of primary structures. The relative degree of deformability of structures on a ten-point scale of tectonofacies, the mechanisms of their formation and transformation have been determined.***

## COMPLEX DISLOCATION STRUCTURES AND TECTONOFACIES OF THE SKYBA CARPATHIANS PRIMARY EPIZONE

***Yanchenko V.P.***

**Вступ.** Геологічні дослідження проводились у межах скибової зони Українських Карпат на різних полігонах у межах с. Космач Івано-Франківської області та сіл Тухля, Гребенів Львівської області. Тут серед флішових утворень крейди, палеогену і неогену виділено та описано різногенетичні складні дислокаційні структури. Складним дислокаційним структурам флішових товщ відповідають дислокаційні утворення, що відзначаються багатопорядковою структурною організацією, володіють певними структурними параґенезами і нерівномірним розподілом деформованості в межах даного простору. До таких структур відносяться: флексури, складки, крихков’язкі розломи, вторинні моноклiналі, тектонічний меланж, в’язкі протрузії.

Необхідність проведення даних геологічних робіт зумовлена недостатньою інтерпретацією механізмів становлення та перетворення досліджуваних структур, що дає змогу для більш ширшого розуміння структурної позиції скибових товщ та й узагалі геологічної будови Карпат.

**Методологія досліджень.** При геологічних дослідженнях головним чином була використана методологія структурно-парагенетичного аналізу на тектонофаціальній основі. Під тектонофаціями (ТФ) розуміються природні ряди порід, що різняться за ступенями дислокаційних перетворень із властивими їм структурними парагенезами. Кожна тектонофація у ряді відзначеного типу – це своєрідна дислокаційна фація, яка за сумою структурних, а в певних випадках і речовинних ознак, відображає відносну інтенсивність дислокаційних перетворень порід за десятибальною шкалою, а також PT умови та реологічні властивості середовища (*Лукієнко та ін., 2018*).

Первинна епізона, у межах якої формувалися описані структури, це осадові та магматогенні середовища, де дислокаційні перетворення порід реалізуються за температур, що не перевищують кінематичний термальний поріг, а також за участі седиментогенезу та літогенезу. Ця структурно-реологічна умова поділяється на чотири підзони: седиментаційну, діагенетичну, катагенетичну та магматогенну (*Лукієнко та ін., 2015*). У межах полігону робіт досліджувані структури, головним чином, відносяться до катагенетичної структурно-реологічної умови, характерною рисою якої є осадові середовища, де дислокаційні перетворення відбуваються паралельно з катагенезом. У цій підзоні деформація проходить за участі переважаючих крихких та крихкопластичних механізмів.

**Отримані результати.** У межах скибових Карпат крихкопластична тектоніка проявлена досить часто в зонах насуву окремих скиб або в масштабі локальних розривних порушень, що по суті є фрагментарною частиною першого. Деформації флішових утворень нерідко відбувалися в кілька етапів зі зміною векторів напружень та повним або частковим руйнуванням первинних структур, що ускладнює їх інтерпретацію. Під час польових робіт виділено та досліджено наступні складні геологічні структури: складчасті форми, метафлексури, крихкопластичні розломи. Розглянемо їх детальніше.

***Складчасті форми.*** *Складки волочіння.* Даний тип складок спостерігається у тоншошаруватому флішовому середовищі з переважаючою аргілітовою компонентою. Розміри таких утворень не перевищують перших метрів. Їх генезис приурочено до поздовжнього ковзання та зміщення шарів між двома порівняно жорсткими паралельними поверхнями (рис. 1, А). Такими поверхнями є ті ж флішові товщі, але з більшою потужністю або присутністю пісковиків. Останні виступають у ролі жорсткої основи, тим самим деформуючи тонкошаруваті породи.

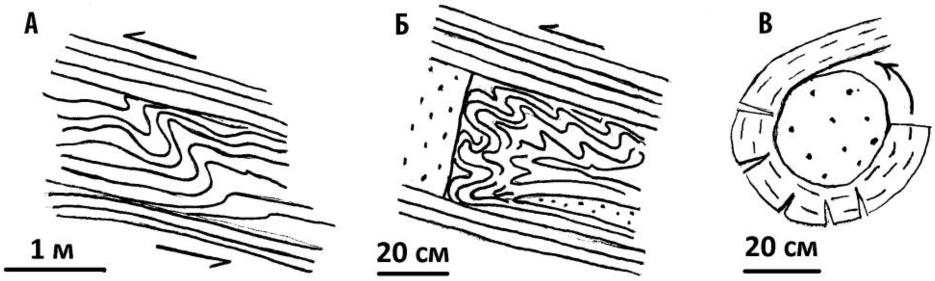


***Рисунок 1.*** *Різногенетичні складчасті утворення. А – складки волочіння (с. Тухля), Б – неправильні складки по аргілітам, що утворилися за участі впровадження шару пісковика (с. Гребенів), В – обгортуючі складки, що формуються при намотуванні пластів аргіліт-алевролітів на пісковик, який обертається навколо власної осі (с. Гребенів).*

*Неправильні складчасті форми.* Досить часто в пластичний аргілітовий субстрат потрапляють потужні шари (30–50 см) пісковиків. Це відбувається в результаті формування незначних крихкопластичних розломів з амплітудою переміщення перші метри, які порущують флішові товщі по вертикалі тим самим сприяють потраплянню більш в’язких у менш в’язкі породи. Складкоутворення в даному випадку пояснюється тим, що пісковики, потрапляючи в пластичний, більшою мірою аргілітовий субстрат, змінюють його швидкісні, в’язкісні характеристики та тиски, тим самим гальмуючи частину матеріалу. У результаті таких процесів тонкошаруваті аргіліти зіштовхуються із масивним пісковиком, що призводить до їх зминання та формування неправильної складчастості (рис. 1, Б). Відповідно ступінь деформованості порід в таких зонах значно збільшується і відповідає ТФ V.

*Обгортуючі складки.* Даний структурний тип є результатом «намотування» аргілітових пластів на попередньо розліновані та частково окатані пісковики в динамічних умовах (рис. 1, В). За своїм зовнішнім виглядом вони подібні до складок, єдиною їх відмінністю є те, що в ядрі знаходиться тіло округлої форми по периметру якого і відбувається вигин пластів. Сам вигин є похідною крихкопластичних деформацій. Крихка компонента представлена поперечними тріщинами відриву, що в якісно-кількісному аспекті контролюється як речовинним складом вигнутих пластів так і діаметром самого пісковика. Пластичність зумовлена тонкошаруватими сланцюватими аргілітами а подекуди аргілітизованими глинами, котрі здатні змінювати форму без втрати суцільності, повторюючи контури сусідніх тіл.

***Крихков'язкі розломи.*** Дані структури досить часто фіксуються в межах досліджуваної території. Один із таких розломів закартовано та описано в околицях с. Космач в руслі р. Пістинка. Тут в корінному відслоненні присутній крихков'язкий розлом, що порушує тонко-середньоритмічний фліш, який залягає під кутом 75°. У межах розлому маркуються природні ряди за ступенем дислокаційних перетворень, що є прямим наслідком формування латеральної структурної зональності (рис. 2). На досліджуваній ділянці виділено кілька ступенів деформації, що розкриває та пояснює етапність становлення даної структури. Відносна інтенсивність дислокаційних перетворень коливається в межах ТФ V–VII. В ТФ V окремі пласти дещо стоншуються, з'являються зони лінійної складчастості. В ТФ VI фіксується розділення шарів на окремі частини, розтаскування їх на відстані 5–10 см, але ще прослідковуються головні риси елементів залягання флішу та наявні окремі цілісні пласти. В ТФ VII інтенсивність деформації дещо збільшується, що зумовило повне руйнування первинної форми залягання порід та часткове перемішування подробленого матеріалу. У цій структурно-фаціальній зоні тіла пісковиків набули округлої, напівкруглої форми та невпорядкованого взаємного орієнтування.

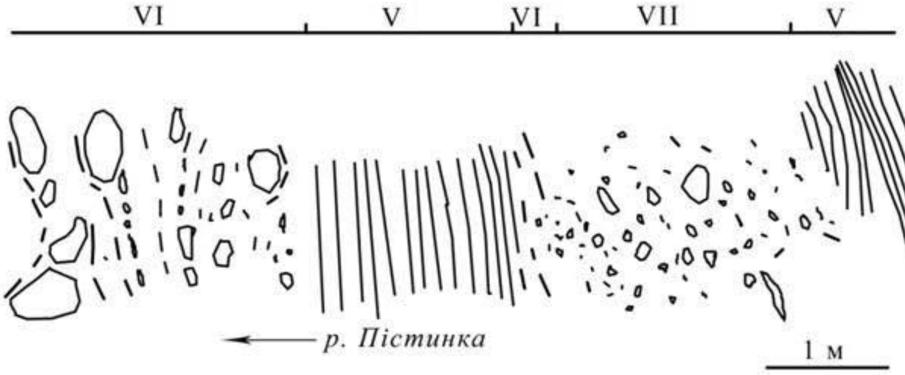


***Рисунок 2.*** *Крихкопластичний розлом, що порушує флішову товщу (с. Космач, р. Пістинка).*

***Метафлексури.*** Такі дислокаційні утворення є похідними поперечного вигину флішових товщ та накладених на них додаткових деформацій більш пізнього етапу. Досліджувана товща складена тонко ритмічним флішом, що представлений сірими середньо-дрібнозернистими пісковиками потужністю 5–15 см, алевролітами (до 5 см) та аргілітами часто аргілітизованими глинами темних відтінків. Елементи залягання: кут падіння 35°, азимут падіння 220°. Дана товща зазнала деформаційних перетворень в кілька етапів, що призвело до руйнування первинної структури та утворення гострокутних уламкових форм пісковиків (рис. 3).

Спочатку флішова товща характеризувалася паралельним заляганням її складових та первинним заляганням у цілому (рис. 2, А). На другому етапі, у результаті насувних процесів, дані породи зазнали деформаційних перетворень із формуванням колінообідного вигину, причому пластична маса аргілітів (аргілітизованих глин) чітко повторює контури вигину, а більш міцні пісковики зазнавали, головним чином, крихких деформацій (рис. 3, Б). Останні характеризуються поперечними тріщинами відриву в місцях найбільших вигинів, по яким в подальшому розвивались зсувні процеси.

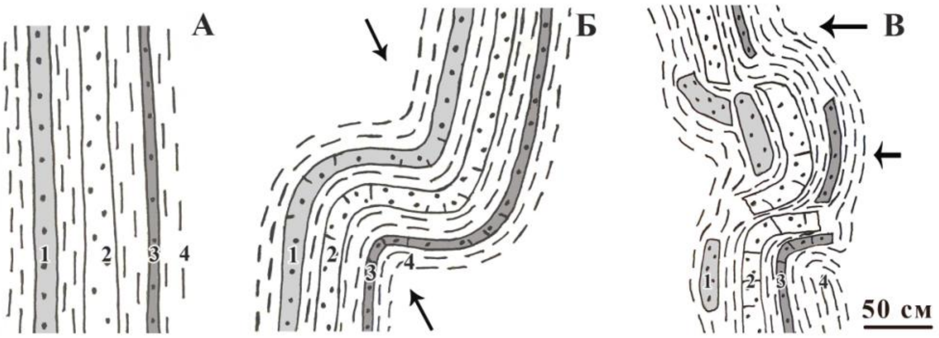


***Рисунок 3.*** *Етапи формування метафлексури: А – початкова стадія; Б – колінообідний вигин шарів; В – руйнування пісковиків на окремі частини; 1, 2, 3 – шари пісковиків, 4 – аргілітовий пластичний субстрат (с. Космач, р. Ставник).*

На третьому етапі відбулася зміна вектора напружень та перерозподіл амплітуди зміщення порід (рис. 3, В). Даний процес призвів до повного розділення на окремі блоки первинних пісковиків та часткового їх розосередження, але зі збереженням слідів первинної форми. Амплітуда зміщення становить близько 50 см, хоча в верхній частині відслонення вона дещо більша. Загальна зміна вектора руху зумовлена частковим розвантаженням деформаційних сил на етапі (Б), втратою суцільності відносно в'язких пісковиків та їх сегментуванням.

**Висновки.** Первинна епізона скибових Карпат відноситься до катагенетичної структурно-реологічної умови, що представлена осадовим середовищем де дислокаційні перетворення відбуваються паралельно з катагенезом. У цій підзоні описані складні дислокаційні структури формувалися за участі переважаючих крихких та крихкопластичних механізмів. Крихка компонента поширена у відносно в’язких та потужних шарах пісковиків, що руйнувалися за участі, головним чином, сколів та відривів. Окремі такі тіла, потрапляючи в пластичну аргілітову масу, порушували дисгармонію динамічного середовища та ініціювали виникнення складних структур. Пластичність деформації контролюється аргілітовою компонентою, часто аргілітизованими глинами. Причому останні, більшою мірою, і формують різноманітні структурні форми: вигини, складчастість, дроблення, кліваж та ін. Їх ідентифікація часто унеможливлюється накладеними тектонічними рухами більш пізнього етапу, що зумовлено дробленням, розлінзуванням порід та розтаскуванням на відстані понад один метр. Інтенсивність деформацій, за десятибальною шкалою тектонофацій, описаних структур не перевищує VII, а в середньому становить V балів.

## Список використаних джерел:

Лукієнко О.І., Вакарчук С.Г., Кравченко Д.В. [2015]. Структурно-парагенетичний аналіз (на тектонофаціальній основі): монографія. Кн. 1. Епізона. / О.І. Лукієнко, С.Г. Вакарчук, Д.В. Кравченко. – К.: ВПЦ «Київський університет». – 276 с.

Лукієнко О.І., Янченко В.П., Кравченко Д.В. [2018]. Структурно-парагенетичний аналіз (на тектонофаціальній основі): монографія. Кн. 2. Мезозона та катазона. / О.І. Лукієнко, В.П. Янченко, Д.В. Кравченко. – К.: ВПЦ «Київський університет». – 374 с.

## METALLIC PARTICLES FROM VOLCANICLASTIC FACIES OF MRIYA PIPE (AZOV BLOCK OF UKRAINIAN SHIELD)

***Yatsenko I.G.[1], Poberezhskyy A.V.[1], Bilyk N.T.[2], Bekesha S.M.[2], Mukan T.Yu.[1]***
***Stupka O.O.[1]***

*[1]Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NAS of Ukraine, Lviv, yatsenko.ivan1000@gmail.com*
*[2] Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, natbilik@gmail.com*

***Several types of metallic particles were discovered in explosive volcaniclastic deposits of Mriya pipe at the Azov block of the Ukrainian shield. The compositions of native metals have been studied by the SEM-EDS method. Some native metals occur as individual metal grains others occur as metal phases included in titanium-manganese-iron-silicate (TMIS) spherules and Ti-corundum. From compositional characteristics metals can be divided into four different assemblages which include Fe phases (in some cases with the admixture of Ti, Cr, Mn, Cu, Ca, Si); Cu-Zn particles; Pb particles with subsidiary Sn, Sb, As, Ag, Cu, Zn; Au particles. Empirical evidence demonstrates that all metal particles types by their nature can be attributed to the spherule class. The key observation is that native metals and their alloys invariably occur as a component of high-reduced mantle mineral association (HRMMA) including silicate-metallic spherules, ferosilicides, qusongite (CW), moissanite, Ti-corundum, diamond. We consider the origin of native metal substance as well as others components of HRMMA as the product of processes that, take place in the transitional mantle-core zone. We assume that, under the over-pressured conditions of the lower mantle, some metals formed unstable compounds with nitrogen and provided an energetic contribution to the formation of kimberlite explosions.***

## МЕТАЛЕВІ ЧАСТИНКИ У ВУЛКАНОКЛАСТИЧНИХ ФАЦІЯХ ТРУБКИ МРІЯ (ПРИАЗОВСЬКИЙ БЛОК УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА)

***Яценко І.Г.[1], Побережський А.В.[1], Білик Н.Т.[2], Бекеша С.М.[2], Мукан Т.Ю.[1].***
***Ступка О.О.[1]***

**Introduction.** The unique highly-reduced mantle mineral associations (HRMMA) from volcaniclastic rocks of kimberlite structures located at Ukrainian Shield, Arkhangelsk, and Yakutian diamond provinces have been discovered and characterized in previous publications *(Yatsenko, 2016).* These associations include Ti-Mn-Fe-silicate (TMIS) spherules containing iron core; Ca-Al-silicate (CAS) spherules with iron inclusions; magnetite-wustite-iron spherules; spherules and spherule-like intermetallic particles; the suite of oxygen-free minerals including diamond, moissanite, qusongite (WC); mantle corundum with inclusions of Fe, Si-Fe, Si-Ti-Fe, TiN (osbornite), TiC (khamrabayevite), TiS (wassonite). Here we present the results of studying of metal particles from volcaniclastic facies of the Mriya lamproite pipe, located on the Priazovsky block of the Ukrainian shield.

**The problem statement**, **analysis of published data.** Our previous studies have shown that HRMMA and native metals in particular are a common component of kimberlite-like rocks. Nevertheless, analysis of the published data showed that this phenomenon is very poorly studied. Different types of metal films (Fe, Ni, Pd, Au, Ag, Pb, Sn, Sb, and their intermetallic alloys) on the surface of a diamond from Middle Timan were studied *(Makeev, Fillipov, 2010)*. Mantle corundum with inclusions of osbornite (TiN), iron silicide, and the Ti-Al-Zr compounds was first described by V.I. Tatarintsev and his colleagues in kimberlite breccias of the Western Azov region *(Tatarintsev et al., 1987)*

With regards to the composition, as well as the formation conditions, HRMMA shows no affinity to the host kimberlites. Varieties of HRMMA components also show no relationship with each other. We suppose that the origin of the primary HRMMA is likely to be related to the transitional mantle-core zone (layer D") i.e. areas where extremely reduced conditions with very high temperatures exist. If the proposed interpretation is correct, then HRMMA may provide novel clues to understanding the architecture of the Earth and the processes that took place in the lowermost mantle. However, at the moment, the origin of the HRMMA and native metals is not clear. Thus, the study of metallic phases from the Mriya pipe is important with regard to inferring the original nature of HRMMA and the processes that accompanied the formation of kimberlites.

**Sampling and analytical procedure.** Metal grains were hand-picked from heavy mineral separates using the binocular microscope. The composition of metallic particles was determined by the SEM-EDS at the Ivan Franko National University of Lviv. Electron microscope REMMA-102-02 with energy dispersive spectrometer EDAR has been used.

**Results and discussion.** Particles of native metals take a variety of forms, such as spherical, plastic-shaped, melted, tears-drops shaped, rod-like, scale-formed (Fig. 1).

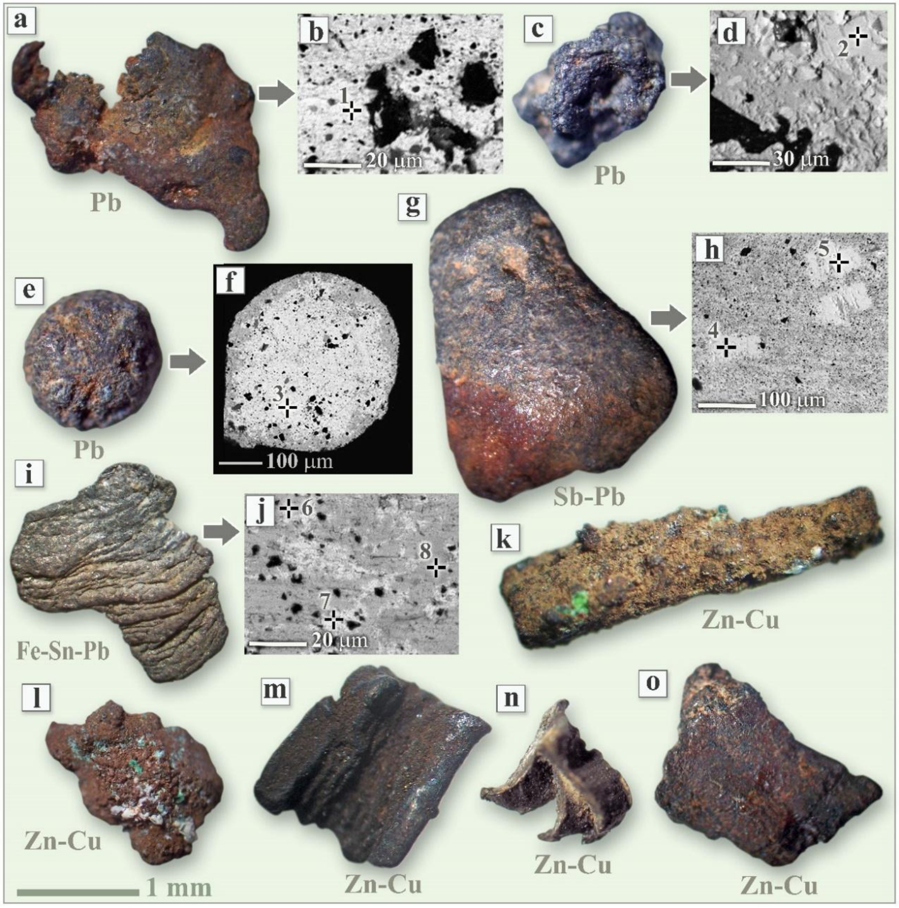


***Figure 1.*** *Microphotographs and BSE images (b, d, f, h, j) of metallic particles from a Mriya pipe: a-d – particles where Pb is the dominant component;k-o – Cu-Zn particles.*

**Table 1. Composition of metal particles from the Mriya pipe shown in Figure 1 (wt.%).**

| Lab. No | Position on the Fig. 1 | Spot No | Ti | Fe | Cu | Zn | Sn | Sb | Pb | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| KAR3-34 | a,b | 1 | – | – | – | – | – | – | 100,00 | 100,00 |
| IYM1-12 | c, d | 2 | – | – | – | – | – | – | 100,00 | 100,00 |
| FZ2-52 | e, f | 3 | – | – | – | – | – | – | 100,00 | 100,00 |
| IYM1-4,5 | g, h | 4 | 2,95 | 3,13 | 3,59 | – | – | 7,25 | 83,08 | 100,00 |
| | | 5 | – | – | – | – | – | – | 100,00 | 100,00 |
| KAR3-34 | I, j | 6 | – | – | – | – | 100,00 | – | – | 100,00 |
| | | 7 | – | – | – | – | 28,55 | – | 71,44 | 100,00 |
| | | 8 | – | 30,42 | – | – | 69,57 | – | – | 100,00 |
| IYM1-23 | k | | – | – | 65,97 | 34,03 | – | – | – | 100,00 |
| KAR2-7 | l | | – | 0,87 | 64,26 | 34,88 | – | – | – | 100,00 |
| IYM1-25 | m | | – | – | 84,60 | 15,40 | – | – | – | 100,00 |
| IYM1-31 | o | | – | – | 66,33 | 33,67 | – | – | – | 100,00 |
| IYM1-33 | n | | – | – | 56,93 | 43,07 | – | – | – | 100,00 |

As suggested by empirical investigations and experimental modeling, the formation of appropriate particle shapes is influenced by the physical properties of different metals. Grain size ranges from fractions of a millimeter to several millimeters. The assemblage of native metals particles can be divided into those that form individual grains (Fig. 1) and those that are inclusions in non-metallic phases. The last ones are segregation of native metals in silicate spherules (Fe cores and fine-dispersed spherical inclusions) and mantle corundum (Fe, Fe-Si, Si-Ti-Fe). The assemblage of individual metal particles can be divided into two main types. The most common are Pb particles, which may contain Sn, oxides of Pb, Sn, Sb, and cerussite (Fig. 1, a-i). The second type is Cu-Zn particles (Fig. 1, k-o). Most of the studied Cu-Zn particles have a composition that corresponds to the tongxinite ($Cu_2Zn$). Peculiar pyrite and wustite particles (Fig. 2) have been identified that are quite similar to metal particles in shape and often have an aphanitic and bubble texture. In most cases, metal, pyrite, and wustite particles tend to form spherical and melted shapes.

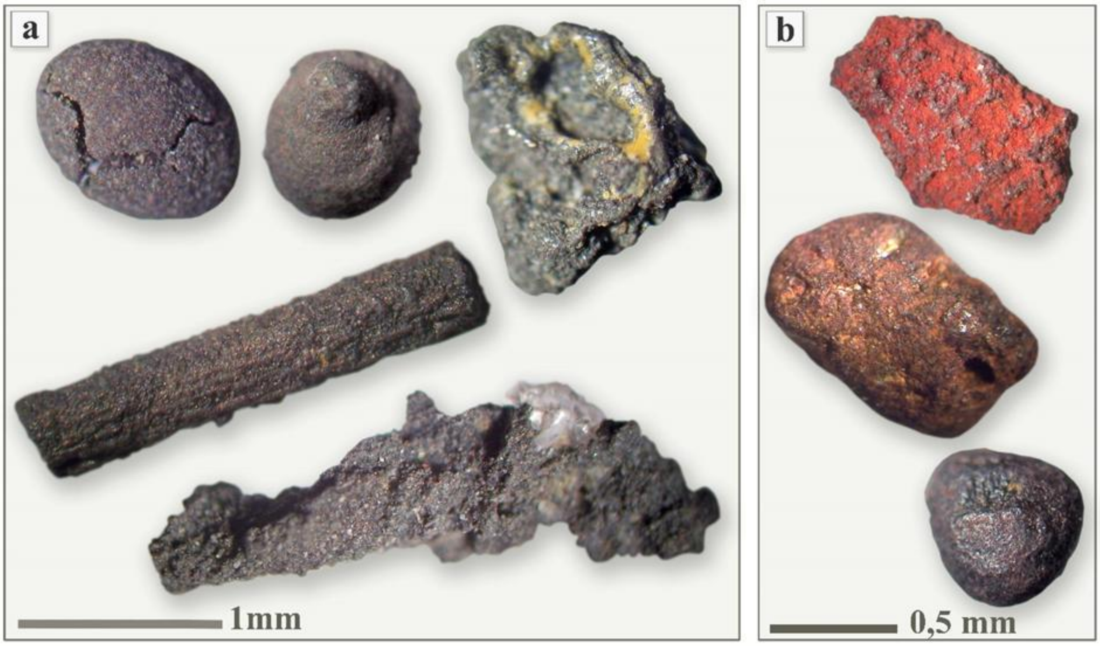


***Figure 2.*** *Microphotographs of pyrite (a) and wustite (b) spherule-like particles from a Mriya lamproite pipe.*

This observation indicates that they, like silicate spherules, were formed from a melt that solidified in a fluid environment. Pb-Sb-Sn spherules, silicate and Fe-bearing one have been described in kimberlite at Catoca pipe, Angola (*Shafranovskiy, Zinchenko, 2010).* The finds of metal films ((Fe, Ni, Pd, Au, Ag, Pb, Sn, Sb) on diamonds *(Makeev, Fillipov, 2010)* indicate a close relationship between the formation of diamonds and native metals. A.E. Lukin suggests that native metals from the sediments were originally formed in super-deep conditions at the base of the lower mantle *(Lukin, 2006).* F.V. Kaminsky believes that diamonds with inclusions of native metals are deep-seated varieties that originate from the lowermost mantle *(Kaminsky, Wirth, 2017; Kaminsky, 2017)*. We support the proposed concepts and assume that the origin of HRMMA is likely to be related to the transitional mantle-core zone (layer D") i.e. areas where appropriate extremely reduced conditions with very high temperatures existed.

The found of unexpectedly high nitrogen content in the HRMMA is important with regards to confirming its super-deep nature *(Bratus et al., 1987; Yatsenko et al., 2012).* It is recognized that the bulk silicate Earth is depleted in nitrogen and the main reserves of nitrogen are concentrated in the core. This may explain the presence of chalcophile native elements such as Cu, Pb, Zn in the HRMMA. According to Le Chatelier's principle, under over-pressured conditions, these elements must form unstable explosive compounds with nitrogen (nitrides). These compounds can break through to the shallow levels with the C-H-N fluid and then explosively decompose. These can trigger explosive processes and contribute to the evolution of kimberlite magmatism.

**Conclusions**. In volcanoclastic rocks of Mriya pipe, metallic phases were found that form individual particles (Pb, Sn, Sn-Pb, Sb-Pb, Zn-Cu) and spherical liquation segregations in silicate spherules and corundum (Fe, Fe-Si, Si-Ti-Fe). Metal particles as well as some sulfide and wustite ones were formed in the same way as silicate spherules, i.e. spraying the substance in the fluid environment. We attribute particles of native metals, pyrite, and wustite to a specific type of spherules, which are a component of the HRMMA. According to our early concept, the association could have formed in the core-mantle transition zone. We propose a model for the formation of particles of native metals. According to this model, metals accumulated in the form of nitrides and hydrides in the lower mantle, then breakthrough with the C-H-N fluid to a shallow level and explosively decomposed. The penetration of such super-deep fluids contributed to the evolution of explosive mantle magmatism.

**References:**

Bratus M.D., Tatarintsev V.I., Sakhno B.E. [1987]. The composition of fluid inclusions in the hardened particles from explosive ring structures and kimberlite pipes // Geohimiya. – №11. – P. 1563-1568 (in Russian).

Lukin A.E. [2006]. Native metals and carbides–marks of compositions of deep geospheres // Geologicheskiy Jurnal. – № 4. – P. 17-46 (in Russian).

Makeev A.B., Filippov V.N. [2010]. Metal coating on the natural diamonds (Ichetju Deposit, Middle Timans) // Doklady Akademii Nauk. – V.368 – № 6. – P. 808-812.

Kaminsky F., Wirth R. [2017]. Nitrides and carbonitrides from the lowermost mantle and their importance in the search of Earth's "lost" nitrogen // American Mineralogist. – V. 102. – P. 1667-1676.

Kaminsky F.V. [2017]. The Earth’s Lower Mantle Composition and Structure. – Cham, Switzerland: Springer Geology. – 331 p.

Shafranovskiy G.I., Zinchenko V.N. [2010]. Spheroids from the rocks of the Catoca kimberlite pipe (NE Angola) // Proceedings of the international scientific conference «Fedoroskaya sessiya 2010». – Saint Petersburg. – P. 63–66 (in Russian).

Tatarintsev V.I., Sandomirskaya S.M., Tsymbal S.N. [1987]. The first finding of titanium nitride (osbornite) in the Earth's rocks // Doklady Akademii nauk SSSR. – V. 296. – № 6. – P. 1458-1461 (in Russian).

Yatsenko I., Yatsenko G., Naumko I., Bekesha S., Bilyk N., Shvayevskyi O. [2012]. Volatile content in endogenous spherules and the problem of fluidization-explosive mantle ore genesis // Mineralogichnyi zbirnyk. – V. 62. – № 2. – P. 189-199 (in Ukrainian).

Yatsenko I.G. [2016]. Silicate-metallic spherules of explosive-sedimentary diamantiferous formations of Ukraine. Ph. D. thesis. Lviv Franco University, Lviv (in Ukrainian).

# КОМПЛЕКСУВАННЯ МІНЕРАЛОГО-ГЕОХІМІЧНИХ, ЛІТОЛОГО-ПЕТРОГРАФІЧНИХ ТА ГЕОФІЗИЧНИХ МЕТОДІВ У МОДЕЛЮВАННІ ПРОЦЕСІВ УТВОРЕННЯ КОРИСНИХ КОПАЛИН

## УЛЬТРАОСНОВНЫЕ КСЕНОЛИТЫ В НИКЕЛЕНОСНЫХ НОРИТОВЫХ ИНТРУЗИЯХ ЮГО-ВОСТОКА ВОРОНЕЖСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА

***Бочаров В.Л.***

*Воронежский Государственный университет, Воронеж, Россия,*
*juliia.bocharova@gmail.com*

***The petrographic and geochemical characteristics of ultramafic xenoliths in norite intrusions of the nickel-bearing region are presented. The main focus is on the similarity of ore-forming phases in ultramafic and norite rocks, which makes it possible to assume a single source of ore-forming substance.***

## ULTRA-BASIC XENOLITES IN NICKEL-BEARING NORITE INTRUSIONS OF THE SOUTH-EAST OF THE VORONEZH CRYSTALLINE MASSIF

***Bocharov V.L.***

Изучение вещественного состава пород ксенолитов из никеленосных (Елань, Елка) интрузий, а также интрузивных тел с редкой сульфидной минерализацией или почти лишенной ее (Троицкая, Романовская, Новопокровская, Бороздиновская) основывалось на микроскопических исследованиях, данных химического и микрозондового анализов горных пород и минералов. В норитовых интрузивных телах ксенолиты ультраосновных пород встречены в керне скважин практически на всех глубинах, начиная от докембрийской поверхности под породами осадочного чехла (на глубинах 200 – 300 м) до максимального вскрытия бурением круто падающих интрузий (глубина 700 – 1230 м).

Распределение ксенолитов в интрузивных телах крайне неравномерное.

По химическому и минеральному составу ксенолиты распределились на следующие группы пород: дуниты, аподунитовые серпентиниты; перидотиты, апоперидотитовые серпентиниты; пироксениты, апопироксенитовые серпентиниты. Ксенолиты в норитах имеют обычно овальную или округлую форму. Размеры их варьируют от 1 до 3 см в поперечнике. Степень изменения ксенолитов ультрамафитов зависит от состава исходной породы и глубины их первичного залегания. Ксенолиты описываемых гипербазитов могли лучше сохранить свой первичный облик и минеральный состав, чем включение глубинных зон. Вероятно, это правомерно и для других типов горных пород. Что касается ультраосновных пород в ксенолитах, то они в большинстве случаев превращены в метасоматически измененные образования – метасоматиты. В этом случае надежным критерием определения формационного типа является состав наиболее устойчивой минеральной фазы – хромшпинелидов, зерна которых присутствуют практически во всех просмотренных образцах ультраосновных пород. Анализ состава хромшпинелидов ультраосновных ксенолитов показал, что по ряду определяющих компонентов они близки или тождественны с составом хромшпинелидов во вмещающих норитах и коматиитах, но не сопоставимы с составом хромшпинелидов в гипербазитах юго-востока Воронежского кристаллического массива *(Плаксенко, Бочаров, Фролов, Полежаева, 1985).*

В отношении других породных групп ксенолитов, не содержащих первичных устойчивых минеральных фаз, определяющим остается химический состав, ограничивающий предел условности первичного петротита. Заметим, что ксенолиты габброидов, которые при метаморфизме должны сохранить свои первичные признаки лучше, чем ультрамафиты, не встречены в норитовых интрузиях.

Ниже приводится петрографическая характеристика ксенолитов, при этом вначале характеризуются ультраосновные породы от наиболее магнезиальных к более основным.

1. Дуниты, аподунитовые серпентиниты.

По степени изменения ультрамафиты в ксенолитах условно можно разделить на три группы независимо от принадлежности их к петрографическим разновидностям:

1) Породы с отчетливой первичной структурой и частично сохранившимися неизмененными первичными минералами;

2) Метаморфические аналоги с псевдоморфной структурой и редкими реликтами первичных минералов;

3) Породы с фрагментами псевдоморфной структуры или полностью или полностью утратившие первичные и реликтовые признаки.

Ксенолиты метасоматически измененных оливиновых пород обладают, хотя и редко, заметно выраженной псевдоморфной структурой или ее фрагментами. Псевдоморфозы вторичных минералов полностью воспроизводят форму оливиновых зерен, а в совокупности – панидиоморфную первичную структуру исходной породы. Последняя, однако, могла принадлежать как интрузивному (дуниту), так и эффузивному (кумулятивному коматииту) магматическому образованию. Для упрощения измененные оливиновые породы названы аподунитовыми метасоматитами *(Фролов, Бочаров, Чернышов, 1986).*

По химическому составу обогащенные оливином породы отличаются высокой магнезиальностью по сравнению с содержанием Mg в других ультрамафитах (табл. 1).

**Таблица 1. Химический состав дунитов**

| **Компоненты, мас. %** | **Номера проб** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **1** | **2** | **3** | 4 | **5** |
| **$SiO_2$** | 43,77 | 44,05 | 43,92 | 43,56 | 43,23 |
| **$TiO_2$** | 0,42 | 0,38 | 0,30 | 0,70 | 0,70 |
| **$Al_2O_3$** | 1,64 | 1,57 | 1,76 | 1,54 | 1,57 |
| **$Cr_2O_3$** | 0,24 | 0,27 | 0,20 | 0,25 | 0,25 |
| **$Fe_2O_3$** | 2,54 | 2,63 | 2,46 | 8,06 | 8,00 |
| **FeO** | 5,60 | 5,37 | 5,58 | | |
| **MnO** | 0,18 | 0,12 | 0,20 | 0,09 | 0,09 |
| **MgO** | 37,82 | 37,64 | 36,52 | 38,04 | 37,68 |
| **CaO** | 1,92 | 2,40 | 2,66 | 0,86 | 0,86 |
| **$Na_2O$** | 0,18 | 0,20 | 0,20 | 0,05 | 0,05 |
| **$K_2O$** | 0,33 | 0,28 | 0,40 | 0,19 | 0,19 |
| **$P_2O_5$** | 0,12 | 0,08 | 0,20 | 0,03 | 0,02 |
| **$SO_3$** | 0,68 | 0,72 | 0,89 | --- | --- |
| **Ni** | 0,14 | 0,16 | 0,10 | 0,13 | 0,13 |
| **Co** | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,01 | 0,01 |
| **Cu** | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,006 | 0,007 |
| **Сумма** | 94,38 | 95,37 | 95,29 | 94,63 | 94,90 |

**Примечание:** Химические анализы выполнены в лаборатории Института геологии Воронежского университета без экспериментального определения потерь при прокаливании, поэтому суммы компонентов занижены. Расчетное количество потерь при прокаливании составило 5,05%.

2. Перидотиты, апоперидотитовые серпентиниты.

В эту группу объединены в различной степени измененные ультраосновные породы, которые по количественному соотношению оливина и пироксенов или псевдоморфоз по ним вторичных минералов соответствуют:

1) Относительно слабо измененным перидотитам с установленной первичной структурой;
2) Апоперидотитовым серпентинитам с псевдоморфной структурой.

Перидотиты по воспроизведенному минералогическому составу отвечают гарцбургитам (или лерцолитам), флогопитовым, рогово-обманковым и флогопит-роговообманковым разновидностям. Формационная принадлежность перидотитов и серпентинитов ксенолитов не может утверждаться однозначно по петрографическим и общим химическим составам при сравнении с известными в регионе гипербазитами *(Чернышов, Бочаров, Фролов, 1981).*

Лерцолиты выделяются первичной гипидиоморфной структурой. Оливин частично сохранился среди его магнетит-хризотиловых псевдоморфоз, также как ортопироксен в массе оталькованных кристаллов. Реликты клинопироксена выявлены в тальк-тремолитовых псевдоморфозах. На контакте ксенолита с вмещающими норитами развита узкая оторочка, состоящая из столбчатых кристаллов ортопироксена с вростками биотита и представляющая собой контактово-реакционные образования.

Гарцбургиты имеют гипидиоморфную структуру. Вторичные минералы развиты по оливину, пироксиновая часть породы остается почти не замещенной. Однако в апооливиновых псевдоморфозах выделяются две парагенетические ассоциации: раннее магнетит-иддингститовая, и поздняя, тримолит-тальковая прогрессивной стадии метасоматоза, частично затронувшая и ортопироксены. Важно отметить, что относительно хорошо сохранившиеся гарцбургиты в ксенодитах встречены в норитах центральной части Еланского сульфидного медно-никелевого месторождения (табл. 2).

**Таблица 2. Химический состав перидотитов**

| **Компоненты мас. %** | **Номера проб** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **1** | **2** | **3** | **4** |
| **$SiO_2$** | 44,82 | 56,34 | 50,94 | 54,19 |
| **$TiO_2$** | 0,27 | 0,30 | 0,25 | 0,11 |
| **$Al_2O_3$** | 4,75 | 3,52 | 1,76 | 1,97 |
| **$Cr_2O_3$** | 0,19 | 0,20 | 0,40 | 0,11 |
| **$Fe_2O_3$** | 4,60 | 0,54 | 6,72 | 10,49 |
| **FeO** | 6,88 | 9,03 | 5,22 | |
| **MnO** | 0,17 | 0,08 | 0,04 | 0,02 |
| **MgO** | 24,14 | 26,93 | 26,93 | 26,52 |
| **CaO** | 4,72 | 1,60 | 1,60 | 0,12 |
| **$Na_2O$** | 0,35 | 0,20 | 0,20 | 0,00 |
| **$K_2O$** | 0,22 | 0,60 | 0,10 | 0,02 |
| **$P_2O_5$** | 0,10 | 0,27 | 0,22 | 0,02 |
| **$SO_3$** | 0,46 | 0,04 | 2,28 | --- |
| **Ni** | 0,20 | --- | 0,80 | 0,04 |
| **Co** | 0,01 | --- | 0,03 | 0,01 |
| **Cu** | 0,01 | --- | 0,02 | 0,00 |
| **Сумма** | 95,12 | 96,60 | 99,62 | 97,51 |

**Примечание:** Химические анализы выполнены в лаборатории Института геологии Воронежского университета без экспериментального определения потерь при прокаливании, поэтому суммы компонентов занижены. Расчетное количество потерь при прокаливании составило 4,35%.

3. Пироксиниты.

В зависимости от интенсивности изменения ксенолитов выделяются разновидности пироксенитов, сохранивших первичную или псевдоморфную структуры, содержащие породообразующме минералы или только их реликты в псевдоморфозах, а также апопироксенитовые метасоматиты простого и зонального строения, принадлежность которых к данной группе пород определяется по парагенетическим ассоциациям новообразованных минералов. Общим для всех пироксенитовых ксенолитов является проявление контактово-реакционных признаков взаимодействия с вмещающим норитом, со стороны которого часто выражена директивная текстура (ориентированное согласно контуру ксенолита расположение удлиненно-призматических кристаллов плагиоклаза и пластин биотита), отражающая результат кристаллизации расплава вокруг твердого включения.

Парагенезисы вторичных минералов определяют в целом прогрессивную направленность изменения минералогического состава ксенолитов, хотя в некоторых образцах пироксенитов сохранились реликты серпентиновых минералов, свидетельствующие о доксенолитовой регрессивной стадии метаморфизма привычных пород. Ниже приводится характеристика разновидностей пироксенитов.

Вебстерит представляет собою двупироксеновый безоливиновый ультрамафит. Порода мелкозернистая (0,5-1 мм) панидиоморфной структуры. Распределение изометричных и близких по размерам идиоморфных кристаллов ромбического и моноклинного пироксена равномерное. Характерное для магматическмх пород с равновесной кристаллизацией. Клинопироксен диопсидового ряда сохранился неизмененным, а ортопироксен в различной степени тремолитизирован. В интерстициях пироксеновых зерен находятся сульфидные и магнетитовые выделения. Содержание магнетита возрастает в приконтактовой зоне, где проявлена и слабая опацитизация пироксенов.

Встречаются рудные разновидности вебстеритов, превращенных в метасоматиты с зональным строением. В них появляется сульфидная каемка, за которой к центру ксенолита следует тальковая зона, затем вторая сульфидная оторочка и внутренняя часть аповебстеритового метасоматита с избирательным проявлением метасоматоза – клинопироксены замещены тремолит-карбонатной, а ортопироксены-тремолит-тальковой ассоциациями минералов.

Химический состав метасоматитов по ультраосновным ксенолитам довольно однотипен, за исключением некоторых отличающихся повышенным содержанием щелочей, в частности, калия, а также глинозема, за счет хлоритов. Независимо от места нахождения ксенолитов в пространственно разобщенных норитовых интрузиях, состав метасоматитов практически однотипен.

**Таблица 3. Химический состав пироксенитов**

| **Компоненты мас. %** | **Номера проб** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **1** | **2** | **3** | **4** |
| **$SiO_2$** | 52,48 | 55,62 | 52,10 | 53,12 |
| **$TiO_2$** | 0,42 | 0,41 | 0,43 | 0,45 |
| **$Al_2O_3$** | 3,52 | 4,90 | 6,20 | 6,28 |
| **$Cr_2O_3$** | 0,23 | 0,43 | 0,42 | 0,32 |
| **$Fe_2O_3$** | 8,30 | 11,32 | 9,81 | 10,12 |
| **FeO** | | | | |
| **MnO** | 0,16 | 0,15 | 0,13 | 0,15 |
| **MgO** | 25,40 | 22,54 | 20,47 | 24,10 |
| **CaO** | 2,67 | 1,09 | 1,50 | 3,05 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **$Na_2O$** | 0,25 | 0,26 | 0,62 | 0,42 |
| **$K_2O$** | 1,20 | 1,33 | 1,21 | 0,92 |
| **$P_2O_5$** | 0,17 | 0,06 | 0,05 | 0,08 |
| **$SO_3$** | 1,26 | 0,10 | 0,10 | 0,18 |
| **Ni** | 0,11 | 0,14 | 0,08 | 0,12 |
| **Co** | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,08 |
| **Cu** | 0,04 | 0,06 | 0,06 | 0,06 |
| **Сумма** | 100,43 | 101,61 | 98,88 | 99,45 |

**Список использованных источников:**

Плаксенко А.Н. [1985] Акцессорные хромшпинелиды архейских коматиитов КМА / А.Н. Плаксенко, В.Л. Бочаров, С.М. Фролов, Л.И. Полежаева. – Геология рудных месторождений. – № 6. – С. 85-90.

Фролов С.М. [1986] Строение и состав Еланского никеленосного плутона в юго-восточной части Воронежского кристаллического массива / С.М. Фролов, В.Л. Бочаров, Н.М. Чернышов. – Известия высших учебных заведений. Геология и разведка.– № 4. – С. 10-19.

Чернышов Н.М. [1981] Гипербазиты КМА / Н.М. Чернышов, В.Л. Бочаров, С.М. Фролов. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та. – 252 с.

MinGeo
Integration XXI

## ОСОБЛИВОСТІ ЛІТОФЛЮЇДНОГО РЕЖИМУ ТА ФОРМУВАННЯ ПОКЛАДІВ ВУГЛЕВОДНІВ У ПАЛЕОЦЕНОВИХ ВІДКЛАДАХ ДІЛЯНКИ ГОЛІЦИНА-ШМІДТА. КАРКІНІТСЬКИЙ ПРОГИН

***Григорчук К.Г., Гнідець В. П.***

*Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів, kosagri@ukr.net, vgnidets53@gmail.com*

***On the basis of the litho-fluid-dynamic concept, the key point of which is the idea of the cyclical nature of catagenesis processes, a probable scenario for the formation of the Golitsyn gas field has been developed. The modeling of generation-migration-accumulation processes of formation of hydrocarbon deposits in the Paleocene sediments of the Golitsyn-Schmidt area of Karkinite depression has been carried out. Prospects of reservoir rocks in the area of the Golitsyn-3 well are argued.***

## PECULIARITIES OF THE LITHO-FLUID REGIME AND FORMATION OF HYDROCARBON DEPOSITS IN THE PALEOCENE SEDIMENTS OF THE GOLITSIN-SCHMIDT AREA. KARKINITE DEPRESSION

***Hryhorchuk K.H., Hnidets V.P.***

**Вступ**. З палеоценовими відкладами пов’язана більшість газових і газоконденсатних родовищ Південної нафтогазоносної області України. На північно-західному шельфі Чорного моря у цих відкладах відкрито п’ять газових і газоконденсатних родовищ, три з яких (Одеське, Штормове, Голіцинське) за об’ємом запасів є середніми.

З метою реконструкції ймовірного сценарію формування покладів у палеоценових відкладах було досліджено положення Голіцинсько-Шмідтівської ділянки в регіональній нафтогазовій системі. Ці побудови ґрунтувалися на концепції про вирішальну роль літофлюїдодинамічного режиму у реалізації генераційного потенціалу материнських відкладів. Ключовим моментом при цьому, згідно *(Григорчук, 2012)* є циклічність ексфільтраційного катагенезу (чергування активних та пасивних його етапів), що визначає реалізацію процесів утворення вуглеводнів, шляхи їх міграції та зони акумуляції.

**Отримані результати, їх обговорення.** В межах Каркінітського прогину до нафтогазоматеринських утворень, згідно (*Безкисневі...2012; Надежкин и др., 2013*), належать відклади безкисневого седиментогенезу апт-альбського, сеноман-туронського та сантон-кампанського вікових діапазонів. Вміст $C_{орг}$ у нашаруваннях нижньої крейди становить 0,5-1,06% (в окремих ділянках до 6,1%), верхньої – до 7,2%.

Генераційно-міграційно-акумуляційні процеси у цій частині регіону відбувалися ротягом трьох циклів катагенезу *(Григорчук, 2012)*. При цьому формувалися різні типи резервуарів та дискретно розвивалися регіональні флюїдопровідні зони. Перший цикл завершився у кампанський; другий – у палеоценовий, третій – у міоценовий час. Для відкладів палеоцену важливим був останній. Отже, не розглядаючи динаміку катагенезу протягом крейди, зупинимось на третьому циклі.

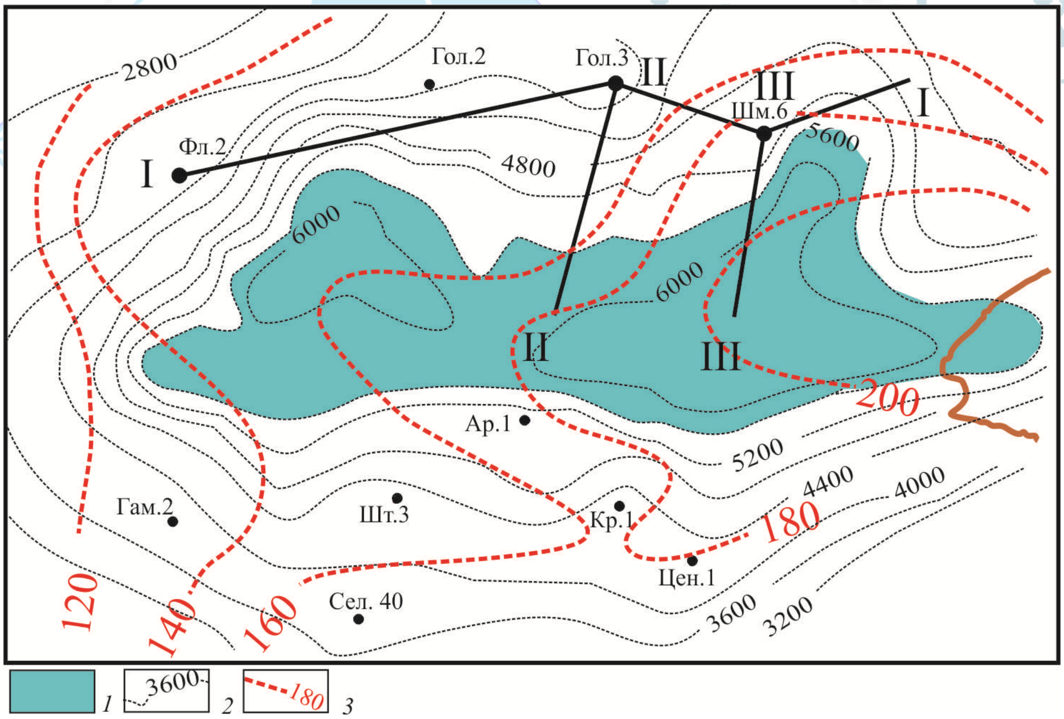


***Рисунок 1.*** *Структурний план та температура у підошві нижньокрейдових відкладів Каркінітського прогину. Міоценовий час. 1 – осередок генерації вуглеводнів, 2 – ізогіпси підошви нижньої крейди, 3 – температури у підошві нижньої крейди.*

Важливим фактором ефективної діяльності нафтогазової системи є достатня інтенсивність занурення та прогріву материнських товщ, коли утворюються осередки генерації вуглеводнів (ділянки консервації літогенезу, за *(Григорчук, 2012).* В межах дослідженої території це осьова частина Каркінітського прогину (Рис.1), де материнські товщі крейдового віку на міоценовий час досягли градацій катагенезу $МК_2$–$МК_4$ (температури 150-200 $^0$С).

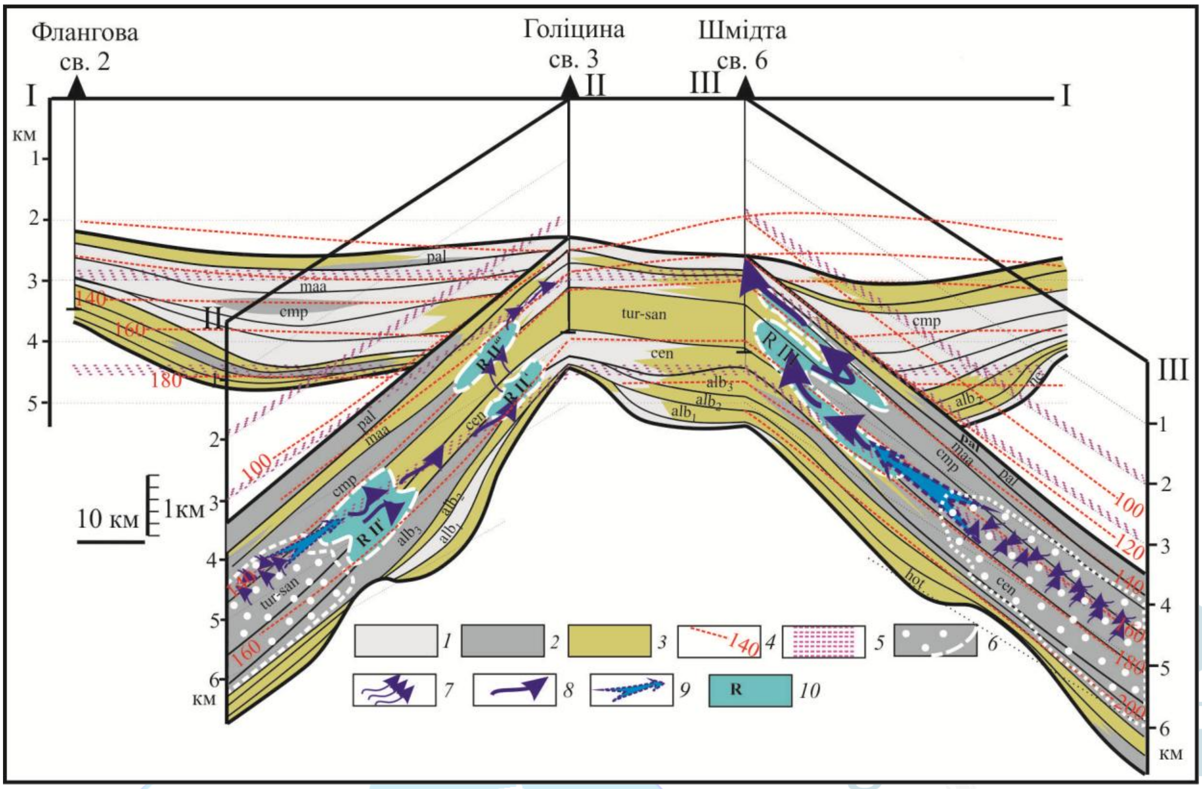


**Рисунок 2.** *Генераційно-міграційно-акумуляційна модель Голіцинсько-Шмідтівської ділянки. Міоценовий час. Осадові комплекси: 1 – алевроліто-піщаний (нижня крейда) та вапняковий (верхня крейда, палеоцен), 2 – істотно глинистий, 3 – алевроліто-піщано(вапняково)-глинистий; 4 – палеотемператури; 5 – регіональні зони тріщинуватості; 6 – область консервації процесів літогенезу; флюїдні перетоки: 7 – стягування розчинів у зону розущільнення; 8 –внутрішньорезервуарні; 9 – регіональні; 10 – літогенетичні резервуари*

На рисунку 2 показана модель формування покладів вуглеводнів у ділянці структур Голіцина та Шмідта під час прояву активного підетапу ексфільтраційного катагенезу у міоцені. В осередку генерації (перетини II-II, III-III) протягом палеоцен-олігоцену (пасивний підетап ексфільтраційного катагенезу) була утворена ділянка консервації процесів літогенезу, яка охоплювала істотно глинисті утворення верхнього альбу – кампану. При цьому у західній частині (перетин II-II) ступінь їх перетворень відповідала градаціям МК$_2$–МК$_3$, а у східній – МК$_3$–МК$_5$. Це дає підстави припускати, що в останньому випадку утворилася більш високоенергоємна флюїдна система, чому сприяла і більша товщина генеруючих відкладів, залучених до масообміну.

Під час висхідних порухів у міоцені на певних гіпсометричних рівнях утворилися регіональні зони розущільнення, які дренували згадану ділянку консервації літогенетичних процесів (осередок генерації). При цьому на заході (перетин II-II) дефлюїдизацією була охоплена лише її горішня частина, в той час як на сході (перетин III–III) – середня. Це спричинило більш масштабну флюїдну міграцію в останньому випадку. Розчини рухалися в північному напрямку, де були розвинені осадові утворення з меншою термобаричною напруженістю. У ділянках фаціальних заміщень перманентно (протягом крейди, палеогену) формувалися літогенетичні резервуари (див. рис. 2). Останні, як зазначалося *(Сеньковський, Григорчук 2013)*, з одного боку, можуть містити поклади, а з другого – слугувати транзитними зонами надходження вуглеводнів у вищезалягаючі пастки. Як очевидно (див. рис. 2), у зв'язку с специфікою літологічної будови відкладів, у перетині II–II сформувалися три відносно ізольовані резервуари (R-II), які «перехоплювали» флюїди, що рухалися регіональною зоною розущільнення. У напрямку структури Голіцина могла надходити лише їх незначна кількість. Натомість у перетині III–III, існував єдиний субвертикальний резервуар (відклади сеноману-маастрихту) висотою близько 2 км (R-III), який можна віднести до т.зв. «жильного» типу, за термінологією *(Григорьянц, 2005)*. У нижню частину цього резервуару лавинно надходили вуглеводневі флюїди з зони генерації і далі мігрували по вертикалі у відклади палеоцену. Виходячи з цього, є підстави передбачати, що Голіцинське родовище було сформоване в результаті міграції вуглеводнів з боку структури Шмідта.

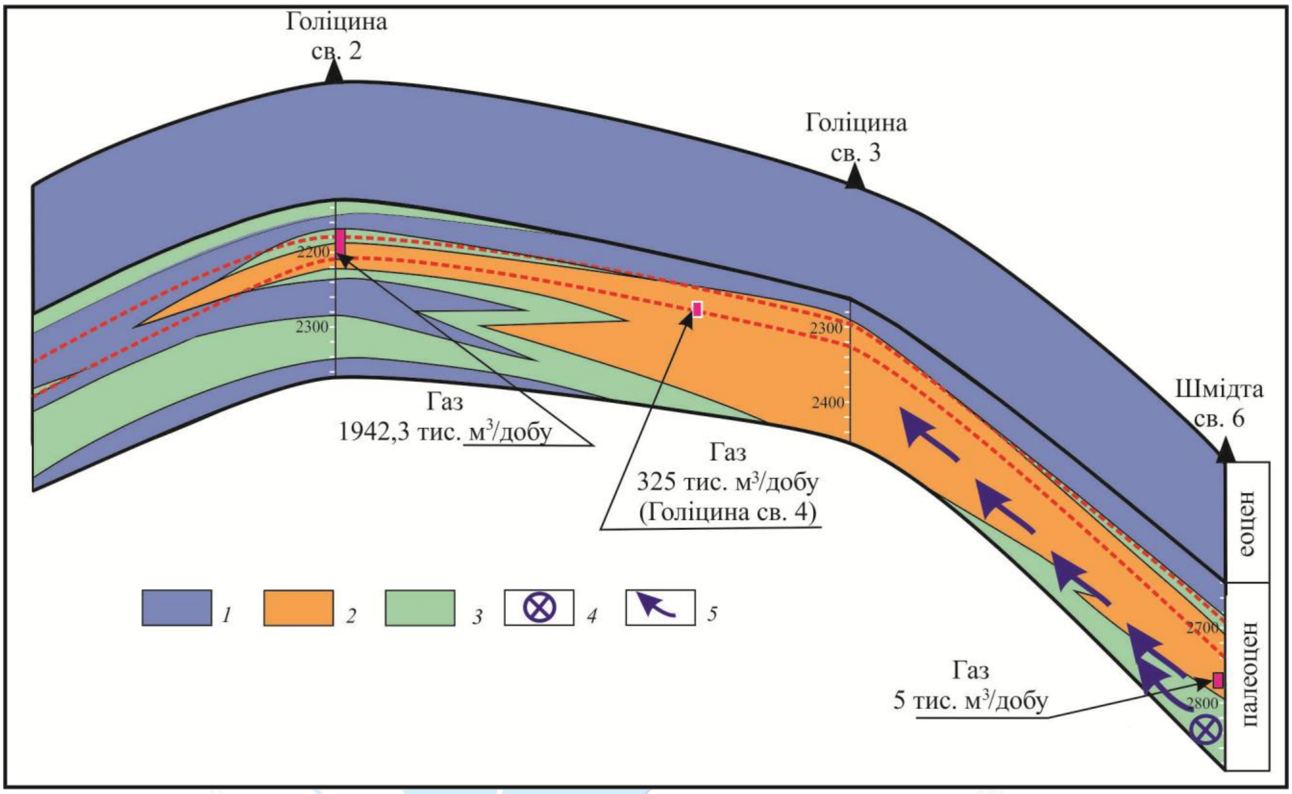


***Рисунок 3.*** *Літофізична будова відкладів палеоцену. 1 – флюїдоупори; породи-колектори: 2 – порові, 3 – тріщинні; 4 – напрямок регіональних флюїдних потоків; 5 – флюїдні перетоки в межах резервуару.*

Цьому сприяли і особливості літофізичної будови палеоценових нашарувань у цій ділянці (Рис.3). Так, у св. Шмідта-6 розкрита пачка (до 70–80 м) порід-колекторів порового типу (органогенні вапняки), товщина якої у св.Голіцина-3 досягає 130 м. Генераційно-міграційно-акумуляційна модель (див. рис. 3) дозволяє припускати можливість сучасного надходження вуглеводневих флюїдів у район структури Шмідта з подальшим їх перерозподілом в межах доволі крупного резервуару. На користь цього свідчать значні припливи газу (325,8 тис. м$^3$ /д) у св. 4 (верхи данського – низи зеландського ярусів), яка розташована ~ у 5 км на північний захід від св. 3, а також невеликі припливи у св. Шмідта-6.

**Висновки.**

На основі реконструкції регіональних вуглеводнегенераційних, міграційних та акумуляційних процесів показано, що надходження флюїдів, які сформували Голіцинське родовище, відбувалося через район структури Шмідта зі східної частини осередка генерації (відклади верхнього альбу – кампану Каркінітської депресії). Виходячи з цього та враховуючи особливості літофізичної будови, є підстави позитивно оцінювати палеоценові відклади району свердловини Голіцина-3.

**Список використаних джерел:**

Безкисневі події океану Тетіс. Карпато-Чорноморський сегмент./ Під.ред. М.І.Павлюка. [2012] – Київ: Наукова думка. – 182 с.

Григорчук К.Г. [2012] Динаміка катагенезу порід осадових комплексів нафтогазоносних басейнів. Автореф.дисс. ... д-ра геол.-мин. наук: 04.00.21. Львів. – 40 с.

Григорчук К.Г., Сеньковський Ю.М. [2013] Дискретне формування резервуарів «сланцевого» газу в ексфільтраційному катагенезі / Геодинаміка. – № 14. – С. 61-68.

Григорьянц Б.В. [2005] Глинистые толщи пород – объект формирования крупных зон нефтегазонакопления / Геология нефти и газа. – 4. – С. 48-54.

Надежкин Д.В., Спахич Д.А., Горчилин В.А., Фончикова М.А. [2013] Анализ углеводородных систем северо-западной части Черного моря // Conference Proceedings, Geomodel – 15th EAGE science and applied research conference on oil and gas geological exploration and development. – DOI: https://doi.org/10.3997/2214-4609.20131491

MinGeo
Integration XXI

## PRELIMINARY RESULTS OF A COMPREHENSIVE ANALYSIS OF POTENTIAL FIELDS OF THE ILYINETS ANNULAR STRUCTURE

***Dubovenko Y.I., Chorna O.A.***

*Institute of geophysics by S.I. Subbotin NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, yuriiguy@gmail.com, oksana.chornaya@gmail.com*

***The data of gravity and magnetic fields for the Ilyinets annular structure at the Ukrainian Shield in combination with the data of their horizontal gradients are analyzed. Using the spectral decomposition of these data, the contours of propagation of bodies with increased density and magnetization within this structure were obtained. Based on these data, complex 3D maps of the observed fields and their transformants were created by solving the appropriate direct problems. Based on the 3D maps qualitative analysis, the wavy nature and the time-prolonged nature of the destruction of aggregate rocks in this structure were revealed. This may be another evidence of its impact genesis.***

## ПОПЕРЕДНІ РЕЗУЛЬТАТИ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛІЗУ ПОТЕНЦІАЛЬНИХ ПОЛІВ ІЛЛІНЕЦЬКОЇ КІЛЬЦЕВОЇ СТРУКТУРИ

***Дубовенко Ю.І., Чорна О.А.***

**Introduction**. The Ilyinets annular structure is one of the most studied impact structures in Ukraine *(Dubovenko et al., 2020 and corresponding references).* This, however, does not prevent it from remaining in the status of a controversial geological structure. Nevertheless, we have obtained some new data on the original genesis of this structure, which reinforces the evidence in favor of its impact genesis. These results were obtained by studying a pairs of transformants of the potential fields over the central part of the structure *(Entin et al., 2013).*

**Analysis of previous research, problem formulation, relevance of its solution.** We may omit the description of the geological and geochemical features of the structure as its were widely studied previously as well as is general geophysical features *(Dubovenko et al., 2020).* In the gravity field, the Ilyinets structure has a minimum oval shape of 6 × 7 km with an amplitude of 6.5 mGal of northwestern extension. The minimum exceeds the area of distribution of impacts and is due to the influence of the zone of fractured cataclysmic rocks of the crystalline basement. On the map of the horizontal gradient of gravity, the minimum has a concentric-zonal structure, there are from 2 to 5 rows of concentric chains or fragments of zones of small values of the gradient (20-40 E). As simulations have shown, they are formed due to the superimposed effect of gravity from the additional dissolution of crystalline rocks in the tectonic zones of the annular formation. A number of indicators indicate a significant asymmetry of its structure and internal structural heterogeneity *(Dubovenko et al., 2020)*..

The magnetic field of the structure is calm, negative (–400 ÷ –600 nT). The outer contour of the structure is not detected in it, but in the central part, there are a number of local minima. From them two intensive extremums with amplitude of 1000 and 700 nT are allocated. They form a double hump negative anomaly 350 × 150 m, which coincides with the intense local minimum of gravity. This ultra-high gradient magnetic minimum is unique among the characteristics of the impact structures of our planet.

**Factual material and research methodology.** We first created a spatial digital model of the gravity field and analyzed the behavior of its transformants (gradients). The results of interpretation of individual elements of potential fields of Ilyinets structure are given below (Figs. 1-4). According to the ideas about the structure of the region and the distribution of densities, we adopted a gradient-layered model of density growth with depth, given the presence of zones of constant density values. The refining of density inhomogeneities in the plan when constructing the model of its first approximation was carried out by the measured gravity field in the Bouguer reduction, and by maps of its transformants, in particular, the horizontal gradient (Fig. 1, a-c). Gravity field transformants emphasized the features of the observed field. The transformant strengthened the central part of the anomaly in the field of the gradient modulus, the boundaries of the central part of the structure became more highlighted. If the meteorite hypothesis of the origin of the Ilyinets structure becomes true, then in the image of the field of the horizontal gradient module (HGM) in its upper left part a ravine anomaly appears, which can fix the position of the emission cone formed as a result of the impact event (Fig. 2).

These models (Fig. 2) emphasize the smooth distribution of density within the Ilyinets structure. Clear contours indicate the absence of additional dislocations and faults in the structure. Since its formation, the Ilyinets structure has behaved in the field of tectonic stresses as an established structural complex. A concentric structure appeared in the field of the horizontal gradient module (Fig. 2). The intensity of its palette in the process of visualization of the digital model reflects the correlation of rock complexes that have similar physical properties. The zuvites complex (in dark color) has a distinct concentric structure, which indicates the periodic nature of the impact on the rocks, similar to the action of the blast wave.

**Results and their discussion.** Visualization and qualitative analysis of 3D models of the gravity field and the modulus of its horizontal gradient (Figs. 1-4) captures the possible front of the spread of rock destruction and zonal stratification of its lithological complexes. This partly confirms the periodic nature of the explosion: the explosive action propagated precisely as a wave, not as a one-moment pulse. In view of this, the energy component (which has so far been evaluated from the standpoint of a sudden impulse) needs to be re-evaluated in the direction of reduction, the corresponding evaluation is beyond the scope of this work.

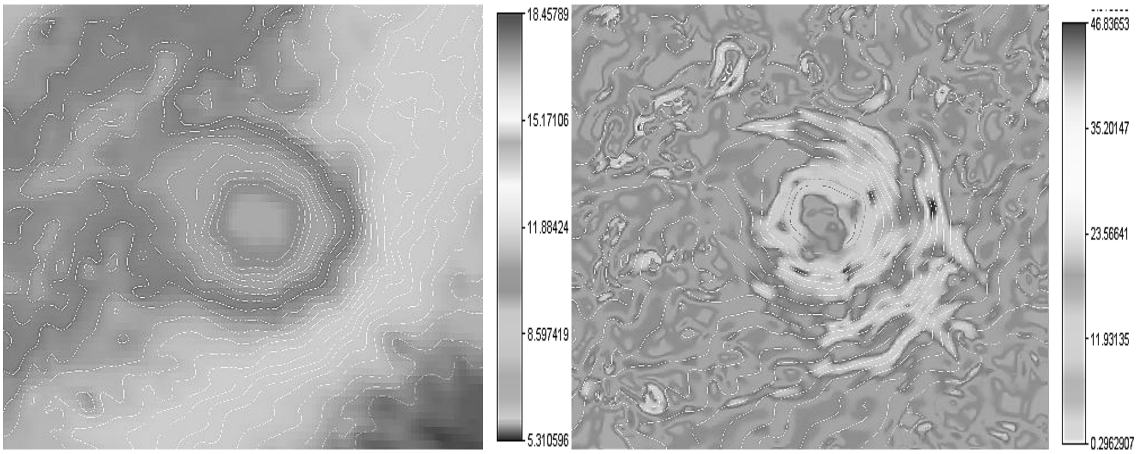


***Figure 1-a.*** *Orthometric maps of the observed gravity field (left) and field of the modulus of its horizontal gradient (right).*

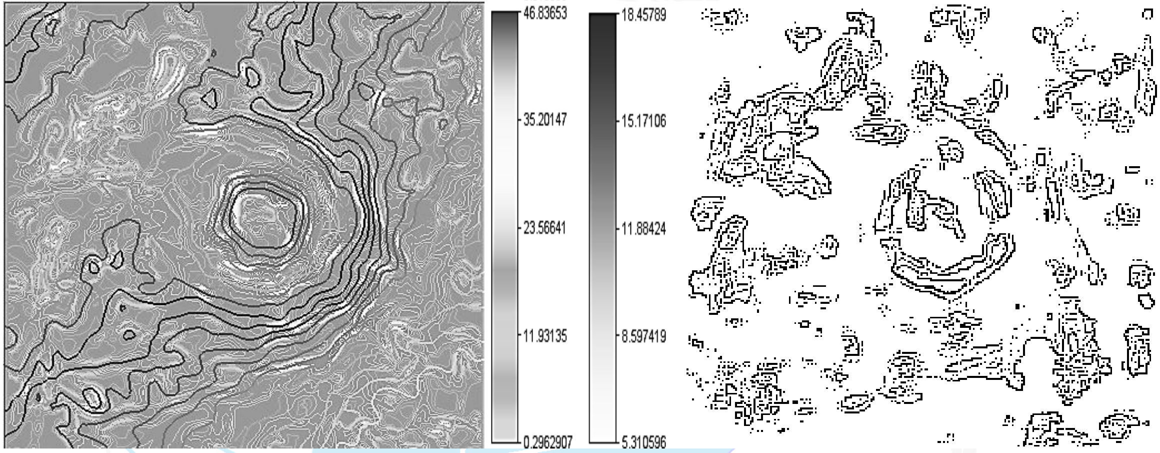


***Figure 1-b.*** *Superposition of the layers of the observed gravity field (dark isolines) and the modulus of its horizontal gradient (light isolines), on the left; and the result of its spectral decomposition in QGIS (on the right, the contours of the distribution of high-density objects in the host rocks can be seen).*

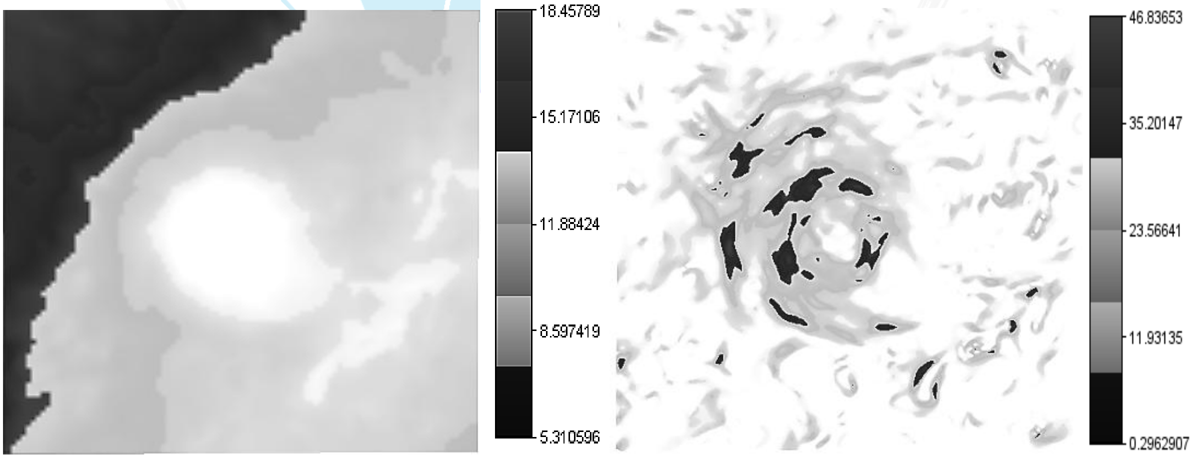


***Figure 1-c.*** *The 2D model of the observed gravity field (on the left, the wavy nature of the propagation of the destruction front is obvious) and the field of modulus its horizontal gradient (on the right).*

3D models (Fig. 4) of the anomalous structure by its gravity field support the idea of the impact genesis of the Ilyinets structure. The analysis shows that the main part of the energy released during the impact event fell on opposite sides of the structure (north and west). However, a reliable assessment of the energy impact of this event requires additional study, including the density of the atmosphere at the time of formation of the annular structure. The image of the event according to the modeling of magnetic fields is not so unambiguous (Fig. 3), but for a long history of destruction of the structure of its rock have undergone numerical changes in magnetic properties.

The Ilyinets structure has a long (~415 ± 15 million years) and multi-stage history of development. Its petrographic data in general confirm the shock nature of zuvites and breccias. However, the enrichment of impactites with chromite, the chemistry of tagamites, some paleomagnetic data and the morphological structure of the bottom still deny the impact genesis of the Ilyinets structure. Therefore, the prospect of further detailed studies of the structure is to study it with a set of geophysical methods, taking into account the electrical and thermal parameters of rocks within this structure. The compromise position may be that the initially impact rocks underwent volcanic transformations in the process of subsequent tectonic activations within the Volyn-Podilsky crystalline massif.

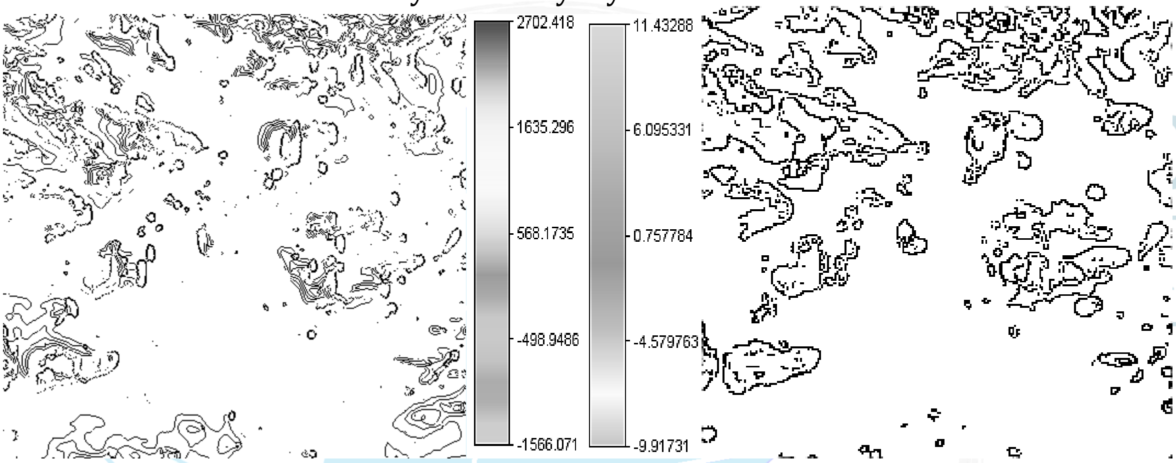


***Figure 2.*** *Map of the magnetic field of the Ilyinets annular structure (dark palette) with the recalculated magnetic field gradient (light palette) superimposed on it, on the left; the result of its spectral decomposition in QGIS (on the right, we can see the contours of the propagation of objects of high magnetization in the host rocks).*

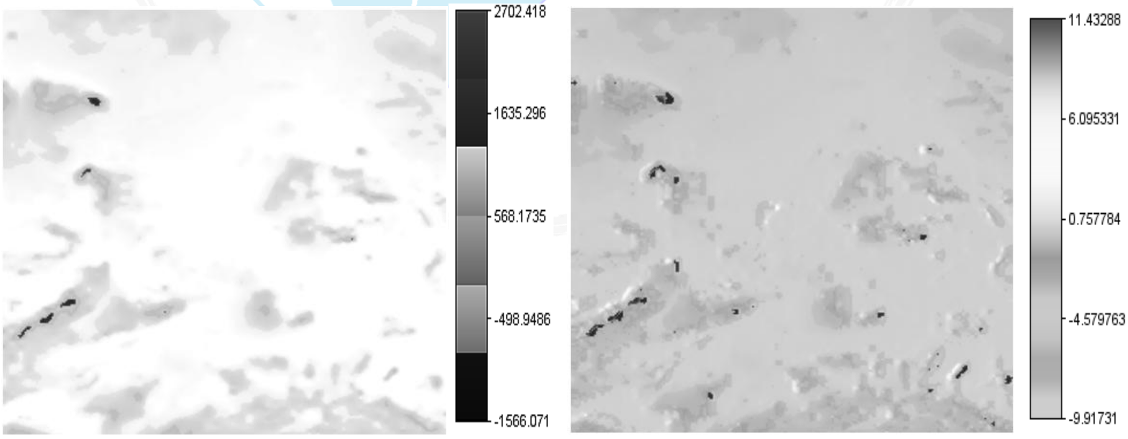


***Figure 3.*** *Model of 2D magnetic field (left) and its recalculated gradient (right).*

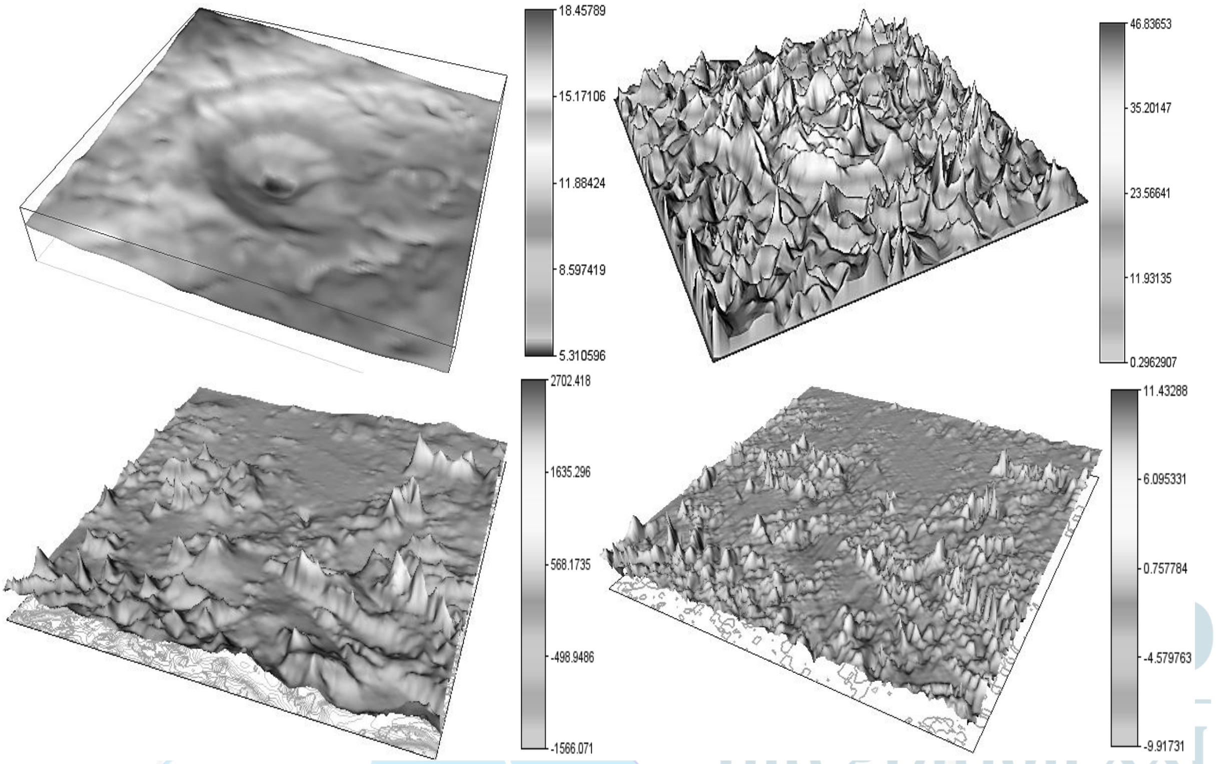


***Figure 4.*** *3D maps: the observed gravity field in the Bouguer reduction (left) and the field of the modulus of its horizontal gradient (right) – top images; and the magnetic field (left) and the field of its recalculated gradient (right) – bottom ones.*

**Conclusions**. The obtained rasters allowed performing GIS analysis of a complex field model. Thus, a stack of pairs of superimposed images (Figs. 1-b and 2) allows us to integrate data into a complex field model, and use the resulting superposition to calculate zonal statistics, proximity to selected objects, surface modeling and flow functions for different depths below the Earth's surface. These data allow us to clarify qualitatively the deep structure of the study area. The spectral decomposition of superimposed images of gravity (Fig. 1-b) and magnetic (Fig. 2) fields yields some additional information about the distribution of the physical features within depth.

## References:

Dubovenko Y.I., Chorna O.A., Kuzminets M.P. [2020] Modeling of the potential fields transformants for the ring structure Illinetska // 19th Int. Conf. on Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects, Kyiv, Ukraine, 11–14 May 2020, P.18450. https://www.earthdoc.org/content/papers/10.3997/2214-4609.2020geo062.

Entin V.A., Orlyuk M.I., Gus'kov S.I., Fedorov A.V., Pavliuk V.N., Drukarenko V.V. [2013] Geophysical aspects of construction and genesis of Ilyinets stricture: impact or volcano? // Geophysical Journal. – No. 1. – P.100-113 (in Russian).

# ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИПЯТСКО-ДНЕПРОВСКОЙ ОБЛАСТИ ПОЗДНЕДЕВОНСКОГО МАГМАТИЗМА НА ВЫЯВЛЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

***Кузьменкова О.Ф.***

*Государственное предприятие «НПЦ по геологии», Минск, Беларусь,*
*kuzmenkovaof@mail.ru*

***A brief overview of the available information on the mineragenic potential of the Late Devonian igneous rocks of the Pripyat-Dnieper Magmatic Area is given. The rocks of the Zhlobin igneous complex of the alkaline-ultramafic (carbonatite-kimberlite-nephelinite) formation is promising for the detection of diamondiferous rocks. The rocks of the Uvarovichi complex of the alkaline-mafic formation (basaltoids and phonolites) is promising for the manifestations of metallic minerals. The rocks of the Pripyat complex of the alkaline-mafic-salic formation (trachyandesites) and Loev complex of the alkaline-ultramafic (nepheline) formation are promising for the detection of rare (including rare earth and radioactive) metals.***

# PROSPECTS OF PRIPYAT-DNIEPER LATE DEVON MAGMATIC AREA FOR THE DETECTION OF MINERALS

***Kuzmenkova Oksana***

**Введение.** Припятско-Днепровская область магматизма (ПДОМ) является северо-западной частью крупной Припятско-Днепрово-Донецкой магматической провинции, которая сформировалась в позднем девоне в пределах одноименной внутриконтинентальной палеорифтовой зоны на юго-западе Восточно-Европейской платформы *(Кузьменкова, 2020).* Магматическая деятельность проявилась на всех этапах формирования рифта и практически на всем его протяжении – как в осевой части, так и на бортах. Магматические образования ПДОМ развиты в составе сложенного терригенно-карбонатными и сульфатно-карбонатными отложениями верхнефранско-фаменского структурного этажа платформенного чехла в пределах Жлобинской седловины, Припятского прогиба, Гомельской структурной перемычки, Брагинско-Лоевской седловины, Днепровского прогиба *(Корзун, Махнач, 1977; Ляшкевич, 1986; Wilson, Lyashkevich, 1996; Веретенников, 2001; Первов, 2004; Михайлов, Лапцевич, 2011; Markwick, 2001; Sazonova, 2019 и др.).* Латерально-временной ряд магматических комплексов ПДОМ включает: жлобинский комплекс пород щелочно-ультрамафитовой (карбонатит-кимберлит-нефелинитовой) формации (I этап магматизма, речицкое время, начало позднего франа); уваровичский комплекс пород щелочно-мафитовой формации (базальтоидов и фонолитов) (II этап магматизма, поздневоронежское время, середина позднего франа); припятский комплекс пород щелочно-мафическо-салической формации (трахиандезитов) (III этап магматизма, сколодинское (сколодинско-чернинское?) время, конец позднего франа) и лоевский комплекс пород (IV этап магматизма, елецкое (елецко-петриковское?) время, ранний фамен) *(Кузьменкова, 2020).*

Основные перспективы верхнедевонских магматических комплексов связывают с их возможной алмазоносностью и рудоносностью.

**Жлобинский магматический комплекс.** Наличие в пределах Лучинского куста трубок взрыва Жлобинского магматического поля кимберлитов II группы (оранжеитов), беспироксеновых пикритов (кимберлитоидов) и флогопит-кальцитовых карбонатитов определяет перспективы комплекса на обнаружение алмазоносных пород *(Веретенников, 2007)*. В ходе поисковых работ на алмазы, проведенных в 1994-2009-х годах Слуцкой ГРЭ, в результате обогащения рядовых керновых проб в минералогической лаборатории г. Симферополь были обнаружены мелкие алмазы в породах Лучинского, Антоновского и других кустов трубок взрыва.

**Уваровичский магматический комплекс.** Принадлежность уваровичского комплекса к щелочно-мафитовой формации и наличие в его составе доломитовых карбонатитов и лампрофиров *(Михайлов, 2006; 2011)* определяет его перспективы на обнаружение здесь проявлений металлических полезных ископаемых. В пределах Уваровичского магматического поля выявлена двоякая геохимическая зональность *(Кузьменкова, 2020).* 1) в центральной части поля развиты магматические породы ультраосновного состава, в периферийных – основного. 2) высокотитанистые породы с высокой степенью фракционирования РЗЭ $(La/Yb)_n$=35,6-49,2 и высоким содержанием до ΣРЗЭ=544,60-901,64 г/т распространены в южной части поля (к югу от Сущано-Пержанского глубинного разлома), подстилаемой в кристаллическом основании Брагинским гранулитовым массивом *(Аксаментова, 1991)*; низкотитанистые породы с более низкими значениями $(La/Yb)_n$=13,9-24,2 и ΣРЗЭ=169,19-383,17 г/т распространены в северной части поля, подстилаемой соответственно Осницко-Микашевичским вулкано-плутоническим поясом.

Для оценки минерагенического потенциала основных пород Азделинского палеовулкана из юго-западной части Уваровичского поля в 2019 году была пробурена параметрическая скважина Приволье 2п, вскрывшая силл амфиболовых трахидолеритов мощностью 40,2 м. В нижней третьей части силла (глубина 362,0-377,1 м) установлены жильные доломитовые карбонатиты с невысоким содержанием редкоземельных элементов ∑REE=378,8 г/т на уровне вмещающих их трахидолеритов ∑REE=310 г/т, с которыми они генетически связаны. Также в трахидолеритах выявлены два интервала рудной минерализации. 1). Магнетит-кальцитовая постмагматическая прожилковая минерализация (глубина 359,5-377,1 м). Суммарное содержание рудных минералов (титаномагнетита и ильменита магматической генерации и магнетита постмагматической генерации) в породах составляет 20-25%; содержание $Fe_2O_3$общ по данным химического анализа штуфных проб не превышает 19%. Минерализация является убогой и не имеет промышленного значения. 2). Наиболее поздняя пирит-кальцитовая гидротермальная гнездово-прожилковая минерализация (наиболее обильно проявлена на глубине 353,5-356,2 м). Штуфные пробы с глубины 354,0 м и 407,0 м по данным спектрального анализа показали ураганное содержание Cu 3000 г/т. Промышленного значения минерализация не имеет и также является убогой.

**Припятский магматический комплекс.** Принадлежность пород припятского комплекса к щелочно-мафическо-салической формации определяет его перспективы на обнаружение рудопроявлений редких (в том числе редкоземельных) металлов. Относительно кларковых содержаний *(Виноградов, 1962)* породы комплекса имеют повышенные содержания: Sr, Sn, Pb, Cr, Co, Cu, Ni, Bi, B, редких (Cs, Be, Mo, W, V, Nb, Ta, Ga, Te), в том числе редкоземельных металлов (Y, La, Ce, Pr, Nd, Gd; ∑РЗЭ =226,80 – 505,92 г/т).

По объему извергнутого материала припятский комплекс является наиболее крупным в пределах ПДОМ. Припятское поле расположено преимущественно в пределах глубоко погруженной части Припятского прогиба и поэтому не перспективно на поиски здесь проявлений полезных ископаемых. Однако в северной его части (Северо-Припятское плечо, Гомельская структурная перемычка), где глубина залегания пород в отдельных блоках составляет около 300 м, оценить перспективы пород комплекса представляется целесообразным. Здесь (район г. Гомель – п. Урицкое – д. Азделино) по геофизическим данным и по данным многочисленных неглубоких скважин, пробуренных в целях поисков алмазоносных пород в 2001-2007 годах Слуцкой ГРЭ, а также параметрической скважины Прибор, пробуренной в 2018 году в пределах погруженной части Гомельской структурной перемычки, залегает крупное магматическое тело (лакколит или купол) субщелочных трахиандезитов. Округлое в плане тело диаметром около 15 км в приподнятой северной части Гомельской структурной перемычки залегает под мезозойскими отложениями на глубине около 300 м, в опущенной части (скв. Прибор) – на глубине около 600 м под вулканогенной толщей васильевской свиты $D_3vs$ *(Kuzmenkova, 2018)* .

В разрезе скважины Прибор в теле трахиандезитов мощностью 64,0 м (глубина 590,0 – 654,0 м) установлена пневматолитовая прожилково-вкрапленная минерализация флюорит-карбонатного (бесцветный зональный флюорит, доломит, кальцит), фтор-апатит-пирит-флюорит-карбонатного состава. Ниже в разрезе скважины вскрыты прорывающие породы кристаллического основания и платформенного чехла многочисленные гипабиссальные тела сиенит-порфиров, плагиосиенит-порфиров и бостонитов мощностью от 0,8 м до 70,5 м. В них проявлена постмагматическая гидротермальная гнездово-прожилковая минерализация темно-фиолетового землистого флюорита (антозонита), сульфидов (пирита, халькопирита), карбонатов (доломита, кальцита), реже – кварца, халцедона. Во всех изученных породах (за исключением трахиандезитов) зерна темноцветных минералов (в первую очередь роговой обманки) псевдоморфно замещены вторичными минералами, в составе которых in situ нередко формируются рудные фазы (скелетные кристаллы ильменита, рутил, магнетит, пирит, минеральные формы La, Ce, Pr, Nd и др.). Можно предположить, что редкие элементы, которыми был обогащен расплав, изоморфно входили в состав кристаллической решетки амфиболов.

**Лоевский магматический комплекс.** Принадлежность пород лоевского магматического комплекса к щелочно-ультрамафитовой формации определяет его перспективы на обнаружение рудопроявлений редких (в том числе редкоземельных и радиоактивных) металлов. В силу значительного фракционирования первичных плюмовых расплавов породы комплекса имеют большое видовое разнообразие. Относительно кларковых содержаний *(Виноградов, 1962)* они имеют повышенные содержания: Sr, Ba, Sn, Pb, Cu, Bi, редких (Li, Rb, Cs, Be, Zr, Hf, Mo, W, V, Nb, Ta, Ga, Te), в том числе редкоземельных (Y, Sc, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Yb; ∑РЗЭ =304,83 – 595,49 г/т) и радиоактивных металлов (U, Th).

Как и для припятского комплекса, истинный масштаб магматизма лоевского комплекса сложно определить, поскольку изученность Припятско-Лоевского магматического поля буровыми скважинами фрагментарная. Можно предполагать более обширное его развитие в юго-восточном направлении в пределах Брагинско-Лоевской седловины и далее – в Днепровском прогибе. Лишь небольшая (северная) часть поля залегает на относительно небольшой глубине (300-500 м) в пределах

Гомельской структурной перемычки и Северо-Припятского плеча. Здесь в постройке Вишневского палеовулкана (скважина 805) на глубине 389,0-400,0 м установлены нормальнощелочные высокотитанистые пикриты, которые содержат 15-20% рудных минералов (титаномагнетит, ильменит); $TiO_2$=6,46-6,49%; $Fe_2O_3$общ=20,10-21,08%; ∑РЗЭ=518,76-1075,71 г/т при преобладании легких РЗЭ. В постройке палеовулкана Центролит на глубине 400 и более м (скв. Прибор, 2ц, 784) высокотитанистые щелочные нефелиниты слагают эффузивные потоки и субвулканические тела и содержат ∑РЗЭ=240,97-737,60; $(La/Yb)_n$=21,77-45,92).

**Заключение.** Приведенные выше в значительной степени предварительные и фрагментарные сведения о минерагении верхнедевонских магматических породах ПДОМ указывают на целесообразность проведения дальнейших исследований с целью установления возможных благоприятных факторов для локализации рудных элементов. Необходимо выполнить полноценное минералогическое и геохимическое опробование имеющегося кернового материала с целью уточнения и установления видов пород и минеральных фаз, вмещающих полезные рудные компоненты; уточнить морфологию магматических тел с привлечением данных геофизических исследований; характер проявления геохимической зональности в пределах Припятского и Припятско-Лоевского магматических полей. Необходимо построить геолого-геофизическую модель Жлобинского магматического поля с учетом новых данных по рассечке Корма-Жлобин к региональному сейсмическому профилю Гомель-Могилев, полученных в 2020-2021 гг. и определить направление дальнейших работ.

## Список использованных источников:

Аксаментова Н.В., Найденков И.В. Геологическая карта кристаллического фундамента Белоруссии и прилегающих территорий. [1991] – Мн.

Веретенников Н.В., Лапцевич А.Г. [2007] Ассоциация щелочных лампрофиров и карбонатитов Лучинского куста диатрем – положительный петрологический критерий прогнозирования и поисков потенциально алмазоносных кимберлитов // Инновационное развитие геологической науки – путь к эффективному и комплексному освоению ресурсов недр // Материалы международной научно-практической конференции. – Минск. – С. 53-58.

Веретенников Н.В., Корзун В.П. [2001] Верхнедевонские вулканогенные образования района Уваровичей // Доклады НАНБ. – Т. 45, № 1. – С. 100-103.

Корзун В.П., Махнач А.С. [1977] Верхнедевонская щелочная вулканогенная формация Припятской впадины. – Мн.: Наука и техника. – 164 с.

Виноградов А.П. [1962] Среднее содержание химических элементов в горных породах // Геохимия. – № 7. – С. 555-571.

Кузьменкова О.Ф, Лапцевич А.Г., Носова А.А. [2020] Верхнедевонские магматические комплексы юго-восточной Беларуси // Доклады НАНБ. – Т. 64, № 5. – С. 599-608.

Ляшкевич З.М. Магматизм Припятско-Днепровско-Донецкого авлакогена [1987] – Киев: Наукова думка. – 176 с.

Михайлов Н.Д., Лапцевич А.Г. [2011] Петрографические особенности магматических образований Гомельской структурной перемычки // Літасфера. – №1(34) – С. 94-102.

Михайлов Н. Д., Лапцевич А.Г. [2006] Первые данные о проявлении карбонатитов в комплексе палеозойских щелочных магматических пород Беларуси // Тезисы Всероссийского семинара «Геохимия магматических пород». Школа «Щелочной магматизм Земли». – Миасс. – С. 156-159.

Первов В.А., Никитин Е.А., Левский Л.К. [2004] Ультраосновные щелочные вулканиты Жлобинского поля (Республика Беларусь): источники и эволюция магм // Петрология –Т.12. – № 2. – С. 354-373.

Kuzmenkova O., Laptsevich A., Nosova A., Yutkina E., Pospelov A.V. [2018] Mineral composition of the alkaline trachyandesites of the late Devonian of Belarus (parametric well Prybor) // Materials of the International Conference on Magmatism of the Earth and related strategic metal deposits. – Moscow. – P.176-178.

Markwick A., Downes H. and Veretennikov N. [2001] The Lower Crust of S.E. Belarus: Petrological, Geophysical and Geochemical Constraints from Xenoliths // Tectonophysics. 339. – P. 215-237.

Sazonova L., Nosova A. [at al.] [2019] Genesis and evolution of mantle melts of the devonian mafic-ultramafic rocks from the eastern Azov region (Dnieperdonets rift, Ukraine): Evidence from clinopyroxene geochemistry // Petrology. – Vol. 27, no. 6. – P. 633-654.

Wilson M., Lyashkevich Z.M. [1996] Magmatism and the geodynamics of rifting of the Pripyat-Dnieper-Donets rift, East European Platform // Tectonophysics. – T. 268. – №. 1. – P. 65-81.

## ҐЕНЕЗА ПІДЗЕМНИХ ВОД ТА ГІДРОГЕОЛОГІЧНА МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ ПОКЛАДІВ ГАЗУ У БІЛЬЧЕ-ВОЛИЦЬКІЙ ЗОНІ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО ПРОГИНУ

***Медвідь Г.Б., Гарасимчук В.Ю.***

*Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів,*
*halmedvid@gmail.com, v_harasymchuk@ukr.net*

***It is established that the most favorable time interval of formation and preservation of hydrocarbon deposits is the elysian and dynamo-elysian stages in the Early Miocene hydrogeological history of development, which was marked by long intensive sedimentation in the sea basin. Relict thalassogenic sedimentogenic waters of the Baden (southeastern part) and Sarmatian (northwestern) ages are preserved here. The reason for this was the rather closed hydrodynamic situation of these strata and the low intensity of infiltration water exchange. In Sarmatian times, the second phase of the Carpathian folding is intensively represented, which causes the formation in the deflection of pushed structures composed of flysch and molasses. Geotectonic processes cause elastic-pulsation migration of fluids through the dissociated zones of tectonic, which leads to favorable conditions for the formation and preservation of hydrocarbon deposits.***

## GROUNDWATER GENESIS AND HYDROGEOLOGICAL MODEL OF GAS DEPOSIT FORMATION IN THE BILCHE-VOLYTSIA ZONE OF THE CARPATHIAN FOREDEEP

***Medvid H.B., Harasymchuk V.Yu.***

**Вступ.** Карпатська нафтогазоносна провінція вирізняється наявністю великої кількості скупчень нафти, газу, конденсату, поклади яких пов'язані з різними тектонічними структурами та різними літолого-стратиграфічними комплексами. Достатня вивченість, значна розбуреність та видобуток вуглеводнів у Більче-Волицькій зоні Передкарпатського прогину зменшують сподівання на відкриття великих родовищ. Проте поєднання комплексних методик вивчення умов формування і збереження вуглеводневих скупчень дають перспективи відкриття нових родовищ та дорозвідки існуючих, що внесе значний вклад у паливно-енергетичне забезпечення України власною сировиною. Для вирішення поставлених завдань актуальним з точки зору авторів є поєднання результатів вивчення ґенези підземних вод та їх участі у формуванні покладів нафти і газу.

**Аналіз попередніх досліджень, формулювання проблеми, актуальність її вирішення, задачі дослідження.** Гідрогеологічні дослідження при пошуках покладів вуглеводнів у Передкарпатському прогині проводяться більше півстоліття. Дослідники вивчали геохімічні особливості підземних вод нафтогазових родовищ *(Гавриленко, Штогрин, 1964; Бабинец, Мальская, 1975),* закономірності розповсюдження різних типів підземних вод в залежності від віку водовмісних порід, глибини залягання водоносних горизонтів *(Романюк и др., 1965; Колодій і ін., 2006),* формулювали теоретичні засади палеогідрогеологічних процесів, що відбуваються упродовж геологічного часу при формуванні геоструктурних одиниць (*Колодій, 1992; Медвідь, 2013; Гарасимчук та ін., 2019).* Мета цієї роботи - на основі комплексного поєднання гідрогеологічних методик з’ясувати механізми та запропонувати модель формування покладів вуглеводнів у Більче-Волицькій зоні Передкарпатського прогину.

**Фактичний матеріал та методологія досліджень.** Авторами досліджено історію палеогідрогеологічного розвитку району, виконано власні розрахунки та проведено побудови з виділенням перспективних для газоутворення зон палеоп’єзомінімумів, проведено аналіз сучасних гідрохімічних (709 проб), гідробаричних (348 проб) і газогідрохімічних (255 проб) характеристик осадових товщ Більче-Волицької НГЗ. Основним джерелом первинної інформації були фонди ІГГГК НАН України, справи свердловин (фонди ДП «Західукргеології» НАК «Надра України» і ДК «Укргазвидобування» НАК «Нафтогаз України»).

**Отримані результати, їх обговорення**. Походження підземних вод верхньоюрського та крейдового водоносних комплексів території досліджень, що знаходиться поза межами покровів Бориславсько-Покутської зони, на нашу думку, пов’язане із змішуванням інфільтраційних вод четвертого гідрогеологічного циклу зі седиментогенними водами. На інфільтраційну ґенезу вказують понижена мінералізація при підвищених значеннях натрій-хлорного, хлор-бромного та сульфатного коефіцієнтів.

Карпатійський водоносний комплекс у структурах, що знаходяться поза межами покровів Внутрішньої зони, представлений водами хлоридно-кальцієвого та хлоридно-магнієвого типів з мінералізацією 20–30 г/л. Підвищені відносні вмісти натрію та сульфатів, очевидно, є наслідком змішування первинних маломінералізованих дельтових вод карпатійського басейну седиментації із морськими седиментогенними водами нижньобаденського басейну. Міграція нижньобаденських седиментогенних вод у карпатійські колектори була викликана елізією п’ятого гідрогеологічного циклу.

Походження вод нижньобаденського та верхньобаденського водоносних комплексів пов’язане із седиментацією в умовах морського басейну. У південно-східній частині Більче-Волицької зони низька мінералізація при високих значеннях натрій-хлорного та хлор-бромного відношень, підвищені вмісти сульфатів та гідрокарбонатів кальцію та магнію у водах верхньобаденського (до глибини 800 м) та нижньосарматського водоносних комплексів вказують на їх інфільтраційну ґенезу. Інфільтрація пов’язана з інфільтраційним етапом останнього гідрогеологічного циклу, що триває і дотепер. Інколи підвищені вмісти сульфатів кальцію у водах, що відповідно позначається на натрій-хлорному та хлор-бромному відношеннях, є наслідком проникнення вод гіпсово-ангідритової лагуни у залягаючі нижче та вище відклади *(Гарасимчук і ін., 2004).*

Підземні води водоносних комплексів, що знаходяться у піднасуві Бориславсько-Покутської зони, об'єднані спільними геохімічними ознаками. Це насамперед висока мінералізація, хлоридний кальцієво-натрієвий склад, надвисокі значення хлор-бромного коефіцієнта, що сягають перших тисяч. Також для них характерні високі вмісти мікроелементів. Ізотопний склад водню та кисню (св. Сергії-1) вказує на їх метеорну ґенезу *(Гарасимчук, Лук'янчук, 2010)*.

Формування підземних вод у межах північно-західної частини Більче-Волицької зони в ранньому міоцені пов'язане із тривалою седиментацією в умовах морського басейну. Тут збережені реліктові таласогенні седиментогенні води баденського та сарматського віків. Причиною цьому була доволі закрита гідродинамічна обстановка цих товщ та низький показник інтенсивності інфільтраційного водообміну. Найбільш розповсюджений тип вод північно-західної частини Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину – це солянки хлоридного кальцієво-натрієвого та хлоридного натрієвого складу, причому переважає перший з тенденцією локалізації до поздовжніх регіональних розломів та до зони Стебницького насуву. Інші два типи вод – сульфатно-натрієвий і гідрокарбонатно-натрієвий мають специфічне поширення у формі смуг, які видовжені вздовж краю платформи, що є зоною живлення горизонтів Зовнішньої зони.

Встановлено, що палеогідрогеологічний розвиток території Більче-Волицької зони відзначався інтенсивним промиванням осадових товщ (потенційних колекторів) протягом палеозою, мезозою та раннього кайнозою. Зокрема, значна інтенсивність та тривалість інфільтраційного етапу передостаннього гідрогеологічного циклу (₽$_1$–N$_1$kr) в північно-західній та центральній частині Більче-Волицької зони відобразилася повним розмиттям палеогенових та частково старших утворень і значним розчленуванням палеорельєфу. Потужна динаміка, глибоке проникнення та збагачення вод сульфатами унеможливили б збереження існуючих на цей час вуглеводневих скупчень *(Медвідь, 2018)*. Найсприятливішими часовим інтервалом формування та збереження покладів вуглеводнів у Більче-Волицькій зоні Передкарпатського прогину є елізійний та динамо-елізійний етапи у ранньоміоценовій гідрогеологічній історії розвитку, який розпочався 22 млн. років тому і триває дотепер.

Результати гідрогеохімічних, газогідрогеохімічних та гідробаричних досліджень дозволили побудувати таку гідрогеологічну модель (рис. 1) та виокремити наступний механізм послідовності формування вуглеводних скупчень Більче-Волицької зони Передкарптського прогину:

- постачання прогрітих водо-вуглеводневих сумішей відбувалася розущільненими зонами тектонічних порушень зі значних глибин у період їхньої тектонічної активізації;
- первинна акумуляція вуглеводнів відбувалася у суміжних з розломами літологічних, структурних та тектонічних пастках з відтисненням наявних у них пластових вод;
- в процесі міграції розущільненими зонами структурних поверхів проходила гравітаційна диференціація вуглеводневих сумішей на нафтову, газоконденсатну та газову складові;
- при можливості проникнення у неглибокі водоносні комплекси існувала можливість розчинення у пластових водах вуглеводневих газів з подальшою їх міграцією у водорозчиненому стані на незначні віддалі та дегазацією у припіднятих структурах із пониженими пластовими тисками (п'єзомінімумами);

- значна частина газів розчинилася у пластових водах, в яких перебуває і зараз, без формування вільних скупчень;
- пониження пластових тисків в процесі розробки газових родовищ сприяло перетокам вільних газів із нижніх поверхів у верхні, а також можливості дегазації водорозчинених газів та продукуванні додаткових ресурсів.

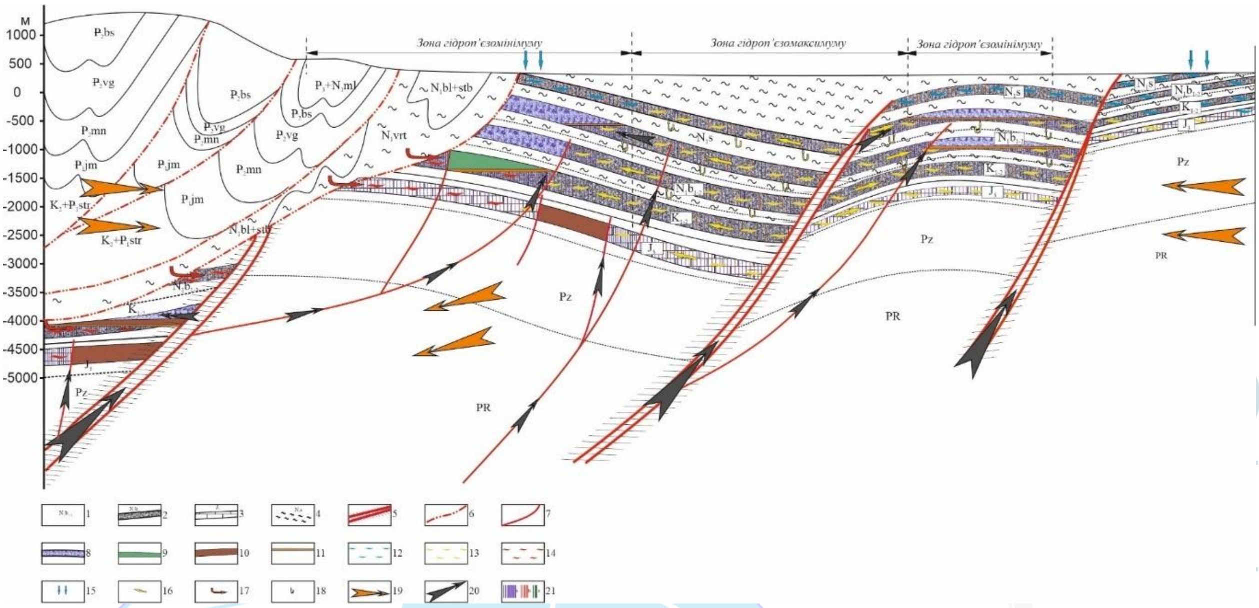


***Рисунок 1.*** *– Гідрогеологічна модель формування вуглеводневих покладів Зовнішньої зони Передкарпатського прогину: 1 – стратиграфічний горизонт; 2 – колектор пластовий пористий; 3 – колектор масивний тріщинуватий; 4 – глинисті відклади; 5 – глибинні регіональні розломи; 6 – насуви; 7 – розломи другого порядку; 8 – поклад газу; 9 – поклад газового конденсату; 10 – поклад нафти; 11 – конденсаційні води; 12 – зона вільного гідрогеологічного режиму; 13 – зона утрудненого та закритого гідрогеологічного режиму; 14 – солянки вичавлювання глинисто-соленосних відкладів; 15 – інфільтраційне живлення водоносного горизонту; 16 – гідродинамічний вектор седиментогенних вод; 17 – гідродинамічний вектор солянок вичавлювання; 18 – вектор вичавлення вод з мулово-глинистих відкладів; 19 – геодинамічні вектори; 20 – вектор міграції водо-вуглеводневих флюїдів; 21 – водорозчинені гази: а – метан, b – азот, с – гомологи метану; щільність штриховки відображає газонасиченість; кількість штрихів відображає процентний вміст газового компонента.*

**Висновки.** Часовий інтервал формування покладів газу та нафти припадає на останній цикл гідрогеологічного розвитку, елізійний етап якого розпочався з карпатію. У сарматський час, інтенсивно проявляється друга фаза Карпатської складчатості, яка викликає формування у прогині насунутих структур, складених флішем і моласами. Потужна товща верхньомоласових утворень Більче-Волицької зони зазнала впливу динамо-елізії з боку Карпат та процесу занурення Східноєвропейської плити. Такі геотектонічні процеси зумовлюють пружно-пульсаційну міграцію флюїдів по розущільнених зонах диз'юнктивних порушень. Південно-західна спрямованість руху палео- та сучасних інфільтрогенних вод у поєднанні зі зворотною динамо-елізійною спричинили існування тут затиснутої між ними гідродинамічно зрівноваженої системи, яка вирізняється сприятливими умовами для формування і збереження покладів вуглеводнів.

**Список використаних джерел:**

Бабинец А.Е. [1975] Геохимия минерализованных вод Предкарпатья. – Киев: Наук. думка. – 189 с.

Гавриленко К.С., Штогрин О.Д. [1964] Порівняльна оцінка геохімічних показників нафтогазоносності на прикладі підземних вод Передкарпаття // Питання нафтогазоносності України. – К.: Наук. думка. – С. 96–110.

Гарасимчук В., Лук'янчук Д. [2010] Гідрогеологічні аспекти газоносності верхньобаденських відкладів Зовнішньої зони Передкарпатського прогину // Геологія і геохімія горючих копалин. – № 3–4 (152–153). – С. 125–141.

Гарасимчук В., Медвідь Г., Кость М., Телегуз О. [2019] Палео- та сучасні гідрогеологічні умови Більче-Волицької зони Карпатської нафтогазоносної провінції // Геологія і геохімія горючих копалин. – № 2 (179). – С. 68–83.

Гарасимчук В.Ю., Колодій В.В., Кулинич О.В. [2004] Ґенеза висококонцентрованих солянок піднасувних відкладів південно-східної частини Зовнішньої зони Передкарпатського прогину // Геологія і геохімія горючих копалин. – № 4. – С. 105–119.

Колодий В.В. [1992] Теоретические основы нефтегазовой гидрогеологии. – М.: Недра. – 208 с.

Колодій В., Медвідь Г., Гарасимчук В., Паньків Р., Величко Н., Добущак М. [2006] Гідрогеологія нафтових і газових родовищ Карпатської нафтогазоносної провінції. Частина I. // Геологія і геохімія горючих копалин. – № 3–4. – С. 140–159.

Медвідь Г.Б. [2013] До питання ґенези підземних вод та формування покладів газу у міоценових товщах північно-західної частини Зовнішньої зони // Сучасні проблеми геології: збірник наукових праць, до 155-річчя з дня народження П. А. Тутковського (Київ, 15–17 травня 2013 р.). – Київ: Фітон. – С. 312–317.

Медвідь Г.Б. [2018] Палеогідрогеологічна характеристика міоцену північно-західної частини Зовнішньої зони Передкарпатського прогину // Геологія і геохімія горючих копалин. – № 3–4 (176–177). – С. 73–85.

Романюк А.Ф., Ярош Е.Н., Лихоманова И.Н. [1965] Закономерности размещения и формирования подземных вод нефтяных и газовых месторождений УССР // Труды УкрНИГРИ. – Вып. 14. – С. 168–175.

## МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОЛЛИЗИОННЫХ МАГМАТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ТУРКЕСТАНО-АЛАЯ

***Ненахов В.М., Бочаров В.Л.***

*Воронежский Государственный университет, Воронеж, Россия,*
*juliia.bocharova@gmail.com*

***The metallogeny of the intrusive complexes of the collisional environment is very diverse. Deposits of noble and non-ferrous metals are associated with I-type granitoids. S-type granitoids are characterized by the accumulation of rare and partly radioactive elements. Mixed-origin granitoids are sterile in terms of metallogeny in most cases. Late and postorogenic granitoid associations are characterized by an increased accumulation of rare-metal and rare-earth elements. The massifs of the Matcha complex are of interest as objects for the extraction of aluminum and zircon-pyrochlore concentrate.***

# METALLOGENIC FEATURES OF COLLISIONAL MAGMATIC COMPLEXES OF TURKESTAN-ALAY

***Nenahov V.M., Bocharov V.L.***

**Вступление.** При изучении рудоносности магматитов необходимо привлекать максимум общегеологических данных. Наиболее важной первоочередной задачей является определение их формационной принадлежности, что вытекает из самого принципа выделения комплексов, учитывающего многие геологические признаки. Важнейшими из них являются вещественные. Именно состав определяет насыщенность или бедность расплава полезными компонентами, а также флюидной фазой и, как следствие, характер и размах проявления собственно магматических или постмагматических процессов, с которыми генетически связано оруденение. Общим признаком всех рудоносных ассоциаций, кроме того, является многофазный (завершенный) способ формирования *(Изох, 1978*), тем более ярко выраженный, чем больше «длина» ассоциаций по шкале кремнезема (или другому показателю дифференциации).

**Анализ последних достижений, формулирование проблемы, актуальность ее решения.** Металлогения интрузивных комплексов коллизионной обстановки разнообразна. Значительный металлогенический интерес представляют гранитоиды I-типа (караказыкский и чалкуйрюкский комплексы). С широко распространенными в мире подобными образованиями связаны крупные месторождения меди, золота, молибдена, полиметаллов. Они относятся к геохимическому типу гранитоидов андезитового ряда, которые являются потенциально рудоносными и генерируют золото-шеелитовые, золото-серебряные, полиметаллические, медно-колчеданные и медно-молибденовые месторождения *(Шинкарев, Ненахов, 1985).* В Туркестано-Алае с описываемыми гранитоидами устанавливается связь медно-золоторудного, золото-мышьякового, серебряно-полиметаллического и скарново-шеелитового промышленного оруденения. Проявления медно-молибденового типа имеют лишь минералогический интерес.

Гранитоиды S-типа (каравшинский комплекс) формировались в условиях, благоприятных для дифференциации расплава. Эти условия (зарытость физико-химической системы, наличие модного флюидного подтока) способствовали образованию остаточных низкотемпературных эвтектик, насыщенных флюидами, и накопление в них редких металлов. Геохимические коровые гранитоиды следует относить либо к ультраметаморфическим, либо к палингенным гранитоидам известково-щелочного ряда *(Шинкарев, Ненахов, 1985).* В регионе с гранитоидами каравшинского комплекса связаны пегматитовые проявления олова, бериллия, лития, рубидия и цезия, а также пьезооптического и камнецветного сырья.

Гранитоиды смешанного типа (арчабашинский комплекс) в металлогеническом отношении в большинстве случаев стерильны. Объяснение этому следует, по-видимому, искать в условиях их генерации и становления, что нашло отражение в их геохимических особенностях. Поскольку в процессе их образования роль корового и подкорового вещества примерно равноценна, это не могло не отразиться на их рудоносности. Если для коровых гранитоидов характерен рудный процесс, контролируемый образованием глубоко дифференцированного остаточного расплава (пегматитообразование), то для подкоровых рудообразование обязано активности флюидов (прежде всего хлористых соединений), выполняющих транспортирующую роль. «Промежуточные» условия образования арчабашинских гранитоидов, возможно, привели к тому, что условия реализации для дифференцированного пегматитообразования не наступили, и в то же время «добавление» корового вещества привело к разубоживанию содержания хлорных соединений, рассеянию полезных компонентов и, как следствие, снижению рудогенерирующей активности подкоровых расплавов.

Среди субщелочных образований наибольшее металлогеническое значение имеют породы сурметашского комплекса. Они соответствуют гранитоидам латитового ряда, для которых характерна потенциальная рудоносность на олово и вольфрам *(Шинкарев, Ненахов, 1985)*. Об этом же свидетельствуют и их геохимические особенности. Так как наиболее продуктивными являются завершающие фазы гранитоидных серий *(Бескин, Ларин, Марин, 1979; Изох, 1978)*, то весьма перспективными представляются массивы субщелочных гранитов и граносиенитов этого комплекса. В пределах Туркестано-Алая с подобными образованиями известны промышленные концентрации олова и вольфрама.

В связи с гранитоидами трумсуйского комплекса в последние годы выявлен ряд золоторудных объектов. В этом отношении металлогения трумсуйского комплекса качественно сопоставима с таковой каракзыкского. Это может свидетельствовать о том, что доминирующие факторы переноса и рудоотложения, определяющие металлогению каракзыкского комплекса, несмотря на гибридизм при формировании трумсуйского комплекса, сохранились.

Массивы улуккольского комплекса вряд ли могут расцениваться как высокоперспективные прежде всего из-за незначительности размеров и слабого проявления связанных с ними постмагматических процессов. Хотя в районах их распространения зарегистрированы проявления олова, бериллия, вольфрама, промышленного значения они не имеют.

Поздне- и посторогенные породы, отвечающие миаскитовой серии, характеризуются редкометальной и редкоземельной минерализацией. Массивы матчайского комплекса представляют интерес как объекты для извлечения алюминия и циркон-пирохлорового концентрата. Кроме того, в их экзоконтатах часто разлиты зоны фенитизации и альбитизации с редкометальной (торий-тантал-ниобиевой) минерализацией. Совершенно не ясны еще перспективы связанных с матчайским комплексом карбонатитов, как источника редких земель. В этой связи необходимо их дальнейшее изучение.

Проявление гибридизма в матчайском комплексе в металлогеническом плане имеет отрицательное значение, так как приводит, с одной стороны, к разубоживанию содержаний ценных компонентов, с другой – способствует переводу их из концентрированного состояния в рассеянное. Поэтому промышленный интерес могут представлять прежде всего массивы, где гибридизм не проявлен или проявлен в ограниченных масштабах (Джилису, Ходжаачкан). Эти же тела могут расцениваться и как источник алюминиевого сырья.

Щелочные породы зардалекского комплекса промышленных концентраций редкоземельных элементов не образуют, но представляют несомненный интерес как алюминиевое сырье.

**Фактический материал и методология исследования.** Глубинность становления и эродированность: роме определения формационной принадлежности плутонов и установления их вещественной специфики (геохимичесой и металлогенической специализации), следующей по значимости операцией является установление признаков глубинности их становления и эродированности. Глубинность влияет на физико-химические условия отделения флюидной фазы от расплава и, следовательно, на металлогенический потенциал магмы. Эродированность массивов определяет вскрытость постмагматической рудоносной колонки, обладающей вертикальной зональностью, а значит, качественную и количественную стороны реализованного в ней постмагматического процесса. Кроме того, тип оруденения зависит и от состава вмещающих пород, так как последние в значительной степени влияют на химизм рудоформирующих флюидов и растворов и, кроме того, могут выполнять роль геохимического барьера. Независимо от типа оруденения, благоприятны гипабиссальный уровень глубинности и относительно слабая степень эродированности *(Изох, 1978).*

Среди гранитоидов габбро-диорит-гранодиоритового формационного типа высокопродуктивными представляются массивы караказыкского комплекса, формирование которых происходило в гипабиссальных, наиболее оптимальных условиях. Установлено, что таковыми следует считать глубины становления в 2 – 4 км *(Шинкарев, Ненахов, 1985).* Более приповерхностные интрузии из-за интенсивной дегазации в процессе становления не могут формировать очагов с низкотемпературными дифференцированными расплавами и поэтому являются малопродуктивными в смысле генерации рудообразования. Несмотря на это, они, как правило, служат вмещающей средой, на которую накладываются эти процессы за счет более глубинных очагов. В этом отношении высокоперспективными являются апикальные части массивов караказыкского, а также вулкано-плутонические образования чалкуйрюкского комплексов.

Относительно щелочных комплексов заметим, что оптимальные условия становления, способствующие реализации постмагматического рудного процесса, также определяются глубинами в 2 – 4 м (альбититы Джилисуйского, финиты Ходжаачканского массивов). Собственно магматический рудный процесс протекал на глубинах значительно больших, оцениваемых в 7 – 8 км (карбонатиты Матчайского массива).

Гипабиссальные условия становления (2 – 4 км) характерны и для продуктивных гранитоидов латитового ряда (касситерит-кварц-турмалиновая минерализация Аллаудинского массива).

Так как сохранность рудной колонки зависит от эродированности массивов, то очевидна необходимость ее определения.

Центральные части наиболее крупных дискордантных плутонов, таких как Кичикалайский, Ачикалминский, Машалянгский, Абрамовский и ряд других, по-видимому, являются малоперспективными. Анализ распространенности объектов высоко- и среднетермального гидротермального рудообразования показывает, что подавляющее их большинство обнаруживает пространственную связь с массивами, размеры которых не превышают 50 – 55 км$^2$ по площади. Именно эта площадь при наиболее распространенной штокообразной (для гранитоидов) и этмолитоподобной (для щелочных пород), отвечает оптимальному уровню эрозионного среза в регионе. Перспективы более крупных тел, в отношении связи с ними гидротермальных образований, резко снижаются.

Все вышесказанное частично справедливо и для гранитоидов каравшинского комплекса, хотя в силу специфичности форм тел (куполообразные и грубопластовые) площади перспективных массивов здесь намного больше (до 150 – 200 км$^2$).

**Полученные результаты, их обсуждения.** Подводя итог всему вышесказанному и учитывая современное состояние изученности интрузивных образований, необходимо сделать следующие выводы:

1. Регион в целом является высокоперспективным на благородные и редкие металлы, олово и вольфрам, а также в отношении камнесамоцветного и технического сырья.

2. Для группы благородных металлов перспективы в отношении золота и серебра вполне определенны и могут расцениваться весьма высоко.

3. Наиболее перспективны в отношении золота тела караказыкского и трумсуйского комплексов, размеры которых не превышают 50 км$^2$ в современном эрозионном срезе, а также связанные с ними ореолы метаморфизованных вмещающих пород. Образования чалкуйрюкского вулкано-плутонического комплекса характеризуются высокими перспективами в отношении серебряного и, в меньшей степени, золотого, оруденения.

4. Оловорудное и вольфрамовое оруденение в регионе контролируется, главным образом, заключительными фазами субщелочных гранитоидов сурметашского комплекса. С подобными образованиями в Киргизском Южном Тянь-Шане известно крупнейшее месторождение олова. Поэтому поля их распространения должны являться предметом повышенного интереса.

5. Тантал-ниобиевая минерализация является полихронной и гетерогенной. Она связана как с альбититами девонского урусайского вулкано-плутонического комплекса *(Ненахов, Кузнецов, Бочаров, 1988; Абакумова, Ненахов, Леонова, 1987)*, так и с альбититами позднепалеозойского матчайского комплекса. Образования последнего, кроме того, содержат высокие концентрации редких земель, тантала и ниобия собственно магматического генеза.

6. Промышленные концентрации бериллия, лития, цезия встречаются в пегматитах, связанных с гранитоидами каравшинского комплеса. Полоса метаморфитов, к которой приурочены эти гранитоиды, содержащая карбонатные линзы и прослои, по аналогии с Афганистаном могут расцениваться как рубиноносные. Это подтверждается находками благородной шпинели и клиногумита Л.Л. Перчука *(Перчук, 1964)* в районе Актерекского массива, повторенными Арчалинской партией в 1985 году.

**Список использованных источников:**

Абакумова Л.Н., Ненахов В.М., Леонова В.А. [1987] Акцессорные минералы орогенных гранитоидных комплексов Туркестано-Алая. Вестник ЛГУ – серия 7 – Вып. I – С. 68 -72.

Бескин С.М., Ларин В.Н., Марин Ю.В. [1979] Редкометальные гранитоидные формации. Л.; «Недра». – 280 с.

Изох Э.П. [1978] Оценка рудоносности гранитоидных формаций в целях прогнозирования. М.; «Недра». – 136 с.

Ненахов В.М., Кузнецов Л.В., Бочаров В.Л. [1988] Позднепалеозойские гранитоидные комплексы Туркестано-Алая и их генезис. Известия АН СССР. Серия геологическая.– № 5. – С. 17-29.

Перчук Л.Л. [1964] Физико-химическая петрология гранитоидных и щелочных интрузий Центрального Туркестано-Алая. М.; «Недра». – 324 с.

Шинкарев Н.Ф., Ненахов В.М. [1985] О полихронности щелочных интрузий Туркестано-Алая. Вестник ЛГУ. – Серия 7. – № 21. – С. 33-37.

# ПОСТСЕДИМЕНТАЦІЙНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ ПОРІД-КОЛЕКТОРІВ КРЕЙДОВО-ПАЛЕОГЕНОВИХ НАФТОГАЗОНОСНИХ ВІДКЛАДІВ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ

***Попп І.Т., Мороз П.В., Шаповалов М.В.***

*Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів, itpopp@ukr.net*

***On the basis of the results of the lithogeneous and mineralogical-petrography studies of the Cretaceous-Paleogene flysch deposits of the Ukrainian Carpathian, it has been possible to distinguish the main patterns of the distribution of the oil and gas reservoirs of different types (pore, fracture, pore-fracture) in these deposits and to investigate the influence of postsedimentary processes on the filtration-capacity properties. It is shown that oil- and gas-bearing of the flysch deposits is caused by the joint action of geological-paleooceanographic and geochemical factors.***

## POST-SEDIMENTARY TRANSFORMATIONS OF RESERVOIR ROCKS OF CRETACEOUS-PALEOGEN OIL- AND GAS-BEARING DEPOSITS OF THE UKRAINIAN CARPATHIANS

***Popp I.T., Moroz P.V., Shapovalov M.V.***

**Вступ.** У зв’язку з тим, що родовища нафти і газу на малих і помірних глибинах значною мірою уже розвідані, зараз інтенсивно проводяться пошуки вуглеводневих покладів на великих глибинах (більше 4-4,5 км) *(Євдощук та ін., 2019; Колодій В.В. та ін., 2004; Самвелов, 1995)*. Тому актуальним напрямком літолого-генетичних досліджень є вивчення впливу процесів катагенезу на еволюцію фільтраційно-ємнісних властивостей (ФЄВ) порід.

**Попередні дослідження.** Літологічна, мінералого-петрографічна і геохімічна характеристика нафтогазоносних відкладів крейдово-палеогенового флішу Українських Карпат наведена в працях *(Габинет, 1985; Габинет, Габинет, 1991; Колтун, 2000)*. В наших працях *(Кілин та ін., 1999; Попп, 2005; Попп І.Т. та ін., 2019, Сеньковський та ін., 2012, 2018)* розглядаються умови утворення порід цього осадового комплексу та вплив процесів літогенезу на формування їх колекторських властивостей.

**Методологія досліджень.** Проведено літолого-петрографічні дослідження уламкових і “нетрадиційних” кременисто-глинистих порід-колекторів крейдово-палеогенових нафтогазоносних відкладів Передкарпатського прогину і Скибової зони (спаська світа, баррем-альб, вигодська світа, середній еоцен, менілітова світа, олігоцен). Встановлені основні закономірності розповсюдження порід-колекторів різного типу (порового, змішаного, тріщинного), розвинених в окремих районах Карпатської нафтогазоносної провінції, що відрізняються за своєю тектонічною будовою. Проведено порівняння структурно-текстурних ознак і речовинного складу пісковиків і алевролітів з розрізів флішу, приурочених до різних частин Внутрішньої зони Передкарпатського прогину (північно-західної Бориславської, центральної Долинської і південно-східної Надвірнянської).

**Результати досліджень та їх обговорення.** Відмічається зв’язок між колекторськими властивостями теригенних порід і характером їхньої цементації. Встановлено, що найкращі ФЄВ у флішових відкладах досліджуваних нафтогазоносних областей мають породи-колектори з поровим, контактово-поровим, плівково-поровим цементом, а порівняно гірші – з порово-базальним або базальним типом цементації. Зокрема, у палеогенових відкладах Бориславського нафтопромислового району (НПР) така залежність чітко проявляється на прикладі порівняння менілітових нафтонасичених пісковиків другого структурного поверху, розкритих св. 1-Нижньостинавська (інт. 4625–4640 м) у межах нафтового покладу, з одновіковими породами, що зустрічаються в розрізі св. 3-Нижньостинавська, з якими пов’язані лише незначні припливи нафти. Перші – мають низький вміст цементу і високі колекторські властивості (нафтовий поклад). У других – найчастіше спостерігається базальний або порово-базальний цемент. Подібні петрографічні особливості мають і пісковики менілітових відкладів другого структурного поверху, розкритих св. 49-Іваниківська, в непродуктивному горизонті.

Переважна більшість досліджених різновидів пісковиків і алевролітів має структуру, яка сформувалася під час седиментогенезу кластичних порід. Проте іноді в них проявляються ознаки порід, що зазнали глибоких катагенетичних перетворень, в саме регенераційно-кварцовий, пойкілокластичний типи цементації, конформні та інкорпораційні зчленування зерен, орієнтоване розміщення кварцових зерен. Спостерігаються кварцові зерна, розбиті мікротріщинами, де-не-де залікованими кальцитом. Найчастіше подібні структури властиві породам нижчих структурних поверхів, глибше 4–4,5 км у Бориславському і Долинському НПР і глибше 2,5–3 км – у Надвірнянському. Утворення регенераційно-кварцових конформних та інкорпораційних структур призводило до зниження пористості і проникності порід, а значить до погіршення їхніх колекторських властивостей. Регенерація кварцу відбувалася шляхом розчинення уламкових зерен і корозії останніх карбонатним цементом та подальшого осадження кремнезему на ділянках породи, де середовище характеризувалося низькими значеннями pH. Це, зокрема, підтверджується плямоподібним розподілом регенераційно-кварцового цементу в основній масі деяких різновидів порід, наприклад, у пісковиках менілітової світи, розкритих св. 1-Північнозаводівська.

Таким чином, для нафтогазоносних палеогенових відкладів Долинського і Бориславського нафтопромислових районів встановлена залежність між колекторськими властивостями порід та мінеральним складом цементу і типом цементації. Високими ФЄВ частіше всього характеризуються пісковики з гідрослюдистим або кременисто-гідрослюдистим, поровим і плівково-поровим цементом. Теригенні породи, які є водонасиченими колекторами або неколекторами, в цементуючій масі містять порівняно вищу кількість вторинних карбонатів. В Долинському нафтопромисловому районі часто прояви нафтогазоносності приурочені до горизонтів, складених перешаровуванням алевролітів і аргілітів (св. 80-Вигода-Витвицька). Тонко- і мікрошаруваті текстури цих порід сприяли розвитку в них субгоризонтальної пошарової літогенетичної тріщинуватості, і тому з такими осадовими утвореннями можуть бути пов’язані зони поширення колекторів змішаного типу (порово-тріщинних, тріщинно-порових). Основною мінералого-петрографічною особливістю досліджених порід-колекторів палеогенових відкладів Надвірнянського нафтопромислового району є цілий комплекс характерних ознак, які вказують на високу ступінь їх катагенетичних перетворень, що відповідають зоні мезокатагенезу $МК_3$-$МК_5$ (хлоритизація і скременіння глинистої речовини основної маси аргілітів і цементу пісковиків та алевролітів, ущільнення і регенерація зерен кварцу, сутуро-стилолітові шви, карбонатний пойкілітовий цемент та ін.). Такої чіткої залежності між типом цементації і мінеральним складом цементу уламкових порід-колекторів та їхніми ФЄВ, яка була встановлена нами для нафтогазоносних товщ Бориславського і Долинського районів, у цих відкладах не виявлено. Тут поширені породи-колектори змішаного типу (порово-тріщинні, тріщинно-порові).

Нижньокрейдові та олігоценові вуглецевмісні кременисто-глинисті відклади Українських Карпат мають значний нафтогенераційний потенціал. Вміст Сорг нижньокрейдових чорних аргілітах становить 0,40–5,02 %, в олігоценових – 0,71–16,73 %. За даними рентгенофрактометрії в глинистій фракції цих порід присутні гідрослюда, монтморилоніт, хлорит, зрідка каолініт, а також змішаношаруваті утворення типу гідрослюда–монтморилоніт і гідрослюда-хлорит, вміст яких різко зменшується в зоні глибинного катагенезу.

В окремих випадках, в сприятливих геологічних умовах скременілі алевритисті аргіліти в крейдово-палеогенових нафтогазоносних товщах карпатського флішу можуть бути нетрадиційними колекторами нафти тріщинного типу. Зокрема, у свердловинах 28-Орів, 9-Іваники, 2-Нижньостинавська отримані припливи нафти з інтервалів, де в розрізі переважають тріщинуваті аргіліти або ущільнені пісковики манявської і менілітової світ (таблиця 1).

**Таблиця 1. «Нетрадиційні колектори» в товщі карпатського флішу (Бориславський нафтопромисловий район)**

| Свердловина | Інтервал (м) | Вік, світа | Порода | Характер насичення тип колектора |
|---|---|---|---|---|
| | | Аргіліти | | |
| 28-Орів | 2956,4–2960,8<br>3001,8–3005,8 | олігоцен, менілітова | бітумінозні тріщинуваті аргіліти з малопотужними прошарками пісковиків і алевролітів | Нафта<br>глинистий колектор тріщинного типу |
| 9-Іваники | 3300–3526 | еоцен, манявська | тріщинуваті аргіліти з малопотужними прошарками пісковиків і алевролітів | Нафта<br>глинистий колектор тріщинного типу |
| | | Ущільнені пісковики | | |
| 2-Нижня Стинава | 4529–4537 | олігоцен, менілітова | ущільнені пісковики з базально-поровим гідрослюдисто-кременистим цементом | Нафта<br>теригенний колектор тріщинно-порового або порово-тріщинного типу |

Згідно *(Куровець, 2016)* у фільтраційних властивостях порід-колекторів менілітової світи значна роль належить субгоризонтальній літогенетичній тріщинуватості. На нашу думку цьому сприяє краще збереження седиментаційної шаруватості у вуглецевмісних товщах, які нагромаджуються у відновних умовах, де відсутні біотурбації. Гідрослюдизація монтморилоніту і скремеління порід під час катагенезу посилюють їх здатність до розтріскування в зонах тектонічних напружень.

Під час катагенезу крейдово-палеогенового флішу Карпат діяла низка чинників. Одні з них погіршували колекторські властивості нафтогазоносних порід, інші – сприяли їх збереженню на глибинах або були причиною виникнення вторинного порового простору. Погіршення пористості та проникності теригенних відкладів зумовлювалося не тільки ущільненням порід, а й заповненням міжзернового простору і тріщин карбонатами, сульфатами, кремнеземом, явищем регенерації кварцу, розчиненням уламків кварцу на контакті одне з одним із виникненням конформних, інкорпораційних, мікростилолітових структур. Збереження породами-колекторами високих ФЄВ на великих глибинах залежало від їхніх структурно-текстурних ознак, потужності верств та місця у розрізі. Виникнення вторинного порового простору відбувалося внаслідок розчинення і виносу сполук, нестійких у конкретних фізико-хімічних умовах, або утворення літогенетичної чи тектонічної тріщинуватості.

Літогенетична еволюція відкладів крейдово-палеогенового карпатського флішу мала успадкований характер залежно від первинного речовинного складу осадів, зумовленого геолого-палеоокеанографічними та геохімічними умовами седиментації в мезопелагіалі давньої континентальної окраїни Карпатського сегмента океану Тетіс. Особливо чітко ця залежність проявилася під час постседиментаційних перетворень вуглецьвмісних скременілих товщ нижньої крейди і олігоцену, формування яких пов'язане з фазами «океанічних безкисневих подій» ОАЕ-1 (баррем-альб) і ОАЕ-4 (олігоцен). Їхній літогенез на усіх його стадіях відбувався під істотним впливом геохімічних процесів з участю седиментогенної органічної речовини. Геохімічні умови седиментогенезу і діагенезу істотно вплинули на специфічні особливості літогенезу кожного з трьох виділених нами літолого-геохімічних типів відкладів (1 – сірих вапнисто-глинисто-теригенних, 2 – невапнистих або слабовапнистих, часто строкатих глинисто-теригенних, 3 – чорних вуглецьвмісних скременілих теригенно-глинистих) і, відповідно, на формування їх колекторських властивостей. В одному осадовому комплексі сформувалися як потужні товщі псамітолітів, що нагромаджувалися в періоди лавинної теригенної седиментації і є резервуарами вуглеводнів, так і бітумінозні нафтоматеринські кременисто-глинисті відклади, утворення яких пов'язане зі сповільненням процесів теригенного осадонагромадження і фазами ОАЕ.

**Висновок.** Нафтогазоносність відкладів карпатського флішу зумовлена спільною дією геолого-палеоокеанографічних і геохімічних факторів, які вплинули на формування порід-колекторів та їх постседиментаційні перетворення.

**Список використаних джерел:**

Габинет М.П. [1985] Постседиментационные преобразования флиша Украинских Карпат.– К.:Наук. думка. – 148 с.

Габинет М.П., Габинет Л.М. [1991] К геохимии органического вещества битуминозных аргиллитов флишевой формации Карпат // Геология и геохимия горючих ископаемых. – Вып. 76. – С. 23–31.

Євдощук М.І., Бондар Г.М. [2019] Прогнозування порід-колекторів в глибокозанурених горизонтах // Матеріали ІІІ міжн. наук. конф. «Геологія горючих копалин: досягнення та перспективи». – Київ. – С. 69–73.

Кілин І.В., Щерба О.С., Григорчук К.Г., Попп І.Т. [1999] Особливості літогенезу порід-колекторів палеогенових відкладів Бориславського нафтопромислового району // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – №36 (Т. 1). – С. 119–127.

Колодій В.В., Бойко Г.Ю., Бойчевська Л.Е. та ін. [2004] Карпатська нафтогазоносна провінція. – Львів–Київ: ТОВ «Український Видавничий центр». – 390 с.

Колтун Ю.В. [2000] Генерація вуглеводнів у флішових відкладах Внутрішньої зони Передкарпатського прогину // Геологія і геохімія горючих копалин. – № 4. – С. 26–33.

Куровець С.С. [2016] Науково-методичні засади оцінки вторинних ємностей порід-колекторів як основа ефективного прогнозу нафтогазоносності надр. Автореф. дис. докт. геол. наук. – Івано-Франківськ. – 44 с.

Попп І.Т. [2005] Окремі аспекти проблеми літогенезу нафтогазоносних відкладів крейдово-палеогенового флішового комплексу Передкарпатського прогину та українських Карпат. Частина 1. Седиментогенез і постседиментаційні перетворення // Геологія і геохімія горючих копалин. – № 3–4. – С. 43–59.

Попп І.Т., Шаповалов М.В., Мороз П.В. [2019] Чорні аргіліти заходу України як потенційні породи-колектори (мінералого-геохімічний аспект проблеми «сланцевого газу») // Матеріали ІІІ міжн. наук. конф. «Геологія горючих копалин: досягнення та перспективи». – Київ – С. 42–47.

Самвелов Р.Г. [1995] Залежи углеводородов на больших глубинах на больших глубинах: особенности формирования и размещения // Геология нефти и газа. – № 9 – С. 5–15.

Сеньковський Ю.М., Колтун Ю.В., Григорчук К.Г. та ін. [2012] Безкисневі події океану Тетіс. – Київ: Наук. думка. – 183 с.
Сеньковський Ю.М., Григорчук К.Г., Колтун Ю.В. та ін. [2018] Літогенез осадових комплексів океану Тетіс. – Київ: Наук. думка. – 158 с.

# GEOTHERMOBARIC CRITERIA OF OIL AND GAS CONTAINMENT OF THE SOUTHERN OIL AND GAS REGION OF UKRAINE

***Prykhodko O.A.[1], Hrytsyk I.I.[1], Kurovets I.M.[1], Kurovets S.S[2].***

*[1]Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of the National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, igggk@mail.lviv.ua*
*[2]Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, sergiy.kurovets@nung.edu.ua*

***The distribution of thermobaric parameters of hydrocarbon deposits within the Southern oil and gas region is analysed. The zones of hydrocarbon deposits placement in the vertical section depending on the initial formation temperatures and pressures are selected. Thermobaric coefficients are calculated. Nature of the change in the hydrostatic coefficient depends on the features of the structural and tectonic structure of the study area.***
***The identified and presented patterns of distribution of hydrocarbon deposits by thermobaric parameters make it possible to more thoroughly solve theoretical problems related to the migration of hydrocarbons, the formation and preservation of their deposits and increase the efficiency of exploration.***

# ГЕОТЕРМОБАРИЧНІ КРИТЕРІЇ НАФТОГАЗОНОСНОСТІ ПІВДЕННОГО НАФТОГАЗОНОСНОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ

***Приходько О.А., Грицик І.І., Куровець І.М., Куровець С.С.***

**Introduction.** The Southern oil and gas region is perspective in Ukraine for increasing hydrocarbon reserves and covers the Western and Northern Pryazovya, the Crimean Peninsula, the shelves of the Black and Azov Seas. The oil and gas zoning of the region of Ukraine is based on the structural and tectonic structure of the sedimentary cover, as well as the location of hydrocarbon deposits both in area and in section.

To solve the theoretical and practical problems of oil and gas geology and geophysics of the studied region, the data with heat flux distribution is insufficient and therefore there is a need to study geothermobaric parameters and clarify the links associated with the placement of hydrocarbon deposits both laterally and vertically.

**Formulation of the problem, relevance of its solution and the obtained results.** The general state of geothermal activity of the subsoil of oil and gas accumulation zones on a regional scale was estimated by the distribution of heat flux values *(Kutas, 2007; Gordienko et al., 2004; Kolodiy et al., 2000).* These regional data, in our opinion, are insufficient and therefore there is a need for a detailed analysis of the distribution of geothermobaric parameters using new data obtained in the process of exploration and reinterpretation of published materials.

It is optimal to use the following parameters: distribution of background temperatures on the sections of the same name (for this region - 2000 m); distribution of forecast values of temperatures at a depth of 5000 m, values of geometric mean gradients in the interval "neutral layer" - the maximum depth of temperature measurement in the well; depths of isometric surface 150 - 180 $^{o}$C at hydrostatic pressures ("oil window" or - zone of possible oil bearing capacity); distribution of thermobaric coefficient (Kt) and hydrostatic coefficient (Kh).

Data from measurements of initial formation temperatures (Tf) and formation pressures (Pf) were used during tests and geophysical surveys in wells at 39 gas, oil and gas condensate fields.

**Factual material and research methodology.** ***Preddobrudzka oil and gas region***. Background temperatures at a depth of 2000 m vary from 55 to 70 $^{o}$C. Their distribution is influenced by deep fault tectonics: the Tsygansko-Chidyrnlunzko-Balabanivska suture zone and individual foundation blocks (temperature 55 - 60 $^{o}$C) are fixed. This zone actually separates the Preddobrudzka depression from the Eastern European platform. The sublatitude Bolgrad-Sasyn deep fault is clearly distinguished. The Tuzla Depression is characterized by a negative regional temperature anomaly, where the foundation lies at depths of 6.5–7.0 km, and the values of temperatures at a depth of 2000 m are 55.0–60.0 $^{o}$C.

The distribution of temperatures offshore correlates with their distribution in the shelf part of the trough.

Within the development of the suture zone, the values of the mean geothermal gradients vary from 2.0 to 2.5  C / 100 m, for the Tuzla depression the characteristic value is 2.5  C / 100 m. / 100 m), which is bounded on the west by the Aluat graben, and on the east by the Artsyz deep fault.

Predicted values of temperatures at a depth of 5000 m vary from 120 to 160 $^{o}$C. The predicted depths of the zone of possible oil bearing range varies from 5000 m (Suvorov-Orikhiv transverse rise) to 8000 m (Tuzla depression), which is due to the geological structure, deep heat flow and heat and mass transfer processes in the interval "foundation - Earth's surface".

In the vertical arrangement of hydrocarbon deposits, depending on the values of the initial formation temperatures and pressures, the oil zone is selected by the following parameters: Tf varies from 340 to 351 K; Pf - from 10.6 to 12.9 MPa; the value of the hydrostatic coefficient and the thermobaric coefficient varies within: 1.1> Kg> 1.0; 12.9> Kt> 10.6 K / MPa at 3140> N> 2630 m. The above allows us to predict the Silurian-coal complex, as perspective for the search for hydrocarbon deposits.

***Black Sea-Crimean oil and gas region***. The most presented with actual material is the Karkinitsko-North-Crimean depression, where most hydrocarbon deposits have been discovered. The temperature field at the cut of 2000 m is quite differentiated and there is a decrease in temperature values from the east (Evpatoria-Skadovsk fault zone) to the west from 100 to 70 °C (Odessa deep fault). The 80 °C geoisotherm captures the warmest zone (up to 100 °C), which is located both within the shelf (Golitsyn uplift) and in the Tarkhankut Peninsula and tends to the Karkinitsko-North-Crimean depression.

The 70 °C isotherm outlines a less heated area of the shelf, which tends to Prydobruzhya, where a large area of low temperature distribution (up to 60 °C) is established. The central part of the Crimean peninsula (Perekop and Evpatoria-Novosiletsk uplifts) is characterized by a temperature anomaly of 80-90 °C. A natural decrease in temperatures from this anomaly is observed both to the south (80 - 70 °C) and to the north towards the Eastern European platform. Indole deflection is characterized by temperature values on this section of 80 - 90 $^{o}$C. Evpatoria-Skadovsk and Korsakovo-Feodosia deep faults in the temperature field are partially reflected.

According to the values of the average geothermal gradients, two differently heated zones are distinguished: high values of the geothermal gradient (3.5 - 4.0 $^{o}$C / 100 m), which tends to the Crimean peninsula, and low (up to 3.0 $^{o}$C / 100 m) - extends in the western

MinGeo
Integration XXI

direction. to Pre-Dobrudzha. The Karkinitsky-North-Crimean depression is characterized by values of a geothermal gradient of 3.5 - 5.0 $^{o}$C / 100 m, the Perekop and Evpatoria-Novosiletsky uplifts - 3,5 - 4,0 $^{o}$C / 100 m, the Mountain Crimea - 2,5 - 3, 0 $^{o}$C / 100 m and the Indol Depression - 3.5 - 4.0 $^{oC}$ / 100 m.

According to the distribution of forecast «background» temperatures at a depth of 5000 m, highly heated (170 - 200 $^{o}$C) eastern and low-heated (130 - 170 $^{o}$C) western zones of the region are distinguished. The fact is that a fairly long extrapolation (from 3000 to 5000 m), and insufficient amount of materials on the deep geological and geophysical structure (lithological composition of rocks, their thermal conductivity, etc.), the limit of distribution of geothermal parameters in the study area is not clearly defined by Odessa deep fault. Temperature values vary in the range of: Karkinitsko-North-Crimean depression from 180 to 250 °C, Perekop and Evpatoria uplifts - 180 - 210 °C, Mountain Crimea - 170 - 180  C and Indol depression - 180-200 °C.

The forecast depths of the zone of possible oil bearing capacity for the eastern part vary from 4000 m (Evpatoria-Skadovsk fault) to 4500 m (Odessa fault), in the western part - from 5000 m (Odessa fault) to 6000 m (Artsyz fault). Within the Karkinitsko-North-Crimean depression, these depths are 3500 - 4000 m, where the Evpatoria-Skadovsk deep fault is fixed. The central part of the peninsula is characterized by depths of 4000 - 4500 m and their growth to the south (Simferopol uplift) and north (Eastern European platform), in the Indol Depression they reach 4000 - 4500 m. depths 6000 - 6500 m.

According to thermobaric data, three zones are distinguished: oil (Tf - 340 –370 K; Pf. - 15.0–30.0 MPa); gas condensate (390> Tf> 320 K; 36.0> Pf> 16.5 MPa) and gas (Tf - 291 - 425 K; Pf - 0.9 - 45.0 MPa). Anomaly of formation pressures significantly affects the phase state of hydrocarbons in the formation (V.V. Kolodiy, M.V. Lebedynets, V.G. Osadchy, I.V. Kolodiy, etc., 2000). According to the hydrostatic coefficient and the thermobaric coefficient, the zones are within the values: oil - 1.2> Kg> 0.9; 21.7> Kt> 12.3 K / MPa at 2500> H> 1770 m; gas condensate - 1.2> Kg> 1.7; 10.8 <Kt <19.3 K / MPa at 2910> N> 1400 m and gas - 0.9 <Kg <1.8; 143> Kt> 9.84 K / MPa at 4420> H> 70 m.

In the shelf zone of the region there are two zones of distribution of hydrocarbon deposits depending on the coefficient of hydrostaticity and depth of their occurrence: the upper zone - gas, which is characterized by the following parameters: Kg varies from 1.1 to 1.3 and the depth of the roof of productive horizons Lower Neogene from 400 to 1000 m. The exception is the gas deposit of the Odessa gas field in the deposits of the Middle Paleogene, due to anomalous formation pressure (Kg = 1.78) at a depth of 400 m. The lower zone is gas condensate: Kg> 1.2 1000 m in the Lower Paleogene sediments. The upper zone is gas: H <1000 m, Kt varies from 25 to 70. The lower zone is gas condensate: H > 1000 m, Kt varies from 10 to 25.

Thus, oil deposits can be discovered at depths up to 6000 m (Alibean and Zmiyinyy zones). The stratigraphic range of oil and gas is quite wide – from the Lower Cretaceous to the Miocene. The discovery of oil fields in the Karkinitsky-North-Crimean depression is unlikely. This is due to thermobaric conditions and heat and mass transfer processes in the interval of the foundation – «Earth's surface».

***Azov-Berezan gas-bearing region.*** Geothermobaric characteristics of this area are based on a small amount of actual material. Depending on the values of the initial formation temperatures and pressures, gas zone is released: Tf. varies from 300 to 307 K; Pf. - from 4.5 to 7.0 MPa; hydrostatic coefficient and thermobaric zone coefficient: varies within the values: 1,2> Kg> 1,1; 67.6> Kt> 42.9 K / MPa at 620> N> 425 m. Productivity is mainly associated with the Maikop strata, less often with the Lower Cretaceous, Eocene and Neogene formations.

***Indol-Kuban oil and gas region.*** Sediments of the Indol-Kuban depression at a depth of 2000 m are characterized by temperatures of 80 - 90 $^{o}$C. The Korsakovo-Feodosiya deep fault is partially reflected in the temperature field. The distribution of mean geothermal gradients repeats the temperature distribution at a depth of 2000 m and is 3.5 - 4.0 $^{o}$C / 100 m. The predicted depths of the zone of possible oil bearing reach 3500 - 4000 m. There are two zones: oil (Tf. - 290 - 320 K Pf - 0.9-7.5 MPa); and gas (Tf - 314–460 K; Pf - 12.9–89.5 MPa). According to the hydrostatic coefficient and the thermobaric coefficient of the zone are characterized by: oil - 1,4> Kg> 0,9; 43.0> Kt> 127 K / MPa at 560> N> 25 m and gas - 2.4> Kg> 1.2; 24.5> Kt> 5.1 K / MPa at 4800> N> 1100 m.

The industrial oil and gas potential of Eocene and Maikop deposits in combined and lithologically shielded traps have been established. In the western part of the southern side of the Indol-Kuban Depression, industrial oil and gas deposits are associated with Maikop and Neogene complex and are located in local uplifts caused by diapir. In the southern part of the shelf adjacent to the Kerch Peninsula, the Paleocene-Eocene oil and gas complex is promising.

***The perspective Black Sea region*** covers the Black Sea deep-water basin. Exploratory drilling in this area was not carried out and therefore measurements of temperature and pressure are absent. According to R.I. Kutas, 2007 in the Western Black Sea basin heat flux does not exceed 40 mW / m$^{2}$. The anomaly of low heat fluxes (up to 30 mW / m$^{2}$) extends through the entire depression from southeast to northwest. In the East Black Sea basin, the thermal field is more differentiated, where against the background of low heat fluxes (20 - 35 mW / m$^{2}$) there are several anomalies of high values (40 - 50 mW / m$^{2}$). The prospects for oil and gas are associated with the thickness of Neogene sediments.

**Conclusions**. Thus, the established patterns between the geothermobaric parameters of productive horizons and the spatial location of hydrocarbon deposits must be taken into account when forecasting and conducting exploration for oil and gas. This will provide a more thorough solution to the theoretical problems associated with the migration of hydrocarbons, the formation and preservation of their deposits, as well as increase the efficiency of prospecting and exploration of new deposits, including at great depths.

**References:**

Gordienko V.V., Gordienko I.V., Zavgorodnyaya O.V., etc. [2004] Geothermal Atlas of Ukraine – K. – 60 p. (*in Russian)*

Kolodiy V.V., Lebedinets M.V., Kolodiy I.V. [2000] Geothermobaric conditions of the North Black Sea water pressure oil and gas basin // Geology and geochemistry of combustible minerals. – № 1. – P. 72-82. (*in Ukrainian)*

Kutas R.I. [2007] Model of formation of the thermal regime of the sedimentary stratum of the Black Sea mega-valley // Geodynamics, tectonics and fluid dynamics of oil and gas regions of Ukraine: Abstracts. report VII Int. conf. «Crimea – 2007» – Simferopol: LLC «Form». – P. 39 – 41. *(in Russian)*

---

## СЕДИМЕНТО-ЛІТОГЕНЕЗ ВІДКЛАДІВ НИЖНЬОПЛАНОРБЕЛОВОЇ ТОВЩІ МАЙКОПСЬКОЇ СЕРІЇ ФОНТАНІВСЬКО-ГОРНОСТАЄВСЬКОЇ ЗОНИ ІНДОЛО-КУБАНСЬКОГО ПРОГИНУ

***Ревер А.О., Гнідець В.П., Григорчук К.Г.***

*Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів*
*arewer@i.ua, vgnidets53@gmail.com, kosagri@ukr.net*

***Lithological and mineralogical-petrographic features of the Lower Planorbel deposits of the Maikop series of the Fontanivsko-Gornostaivska zone of the Indolo-Kuban depression have been clarified. The spatial-age localization of siltstone-sand accumulative bodies is determined. Facial formations of sewage removal cones with horizons of overflow sands directed by currents in the lagoon on the raised sections of the shelf and alongshore bars were diagnosed according to a set of features. The conditions of early Planorbel sedimentation within the Fontanivsko-Hornostaivska zone and adjacent territories have been reconstructed.***

## SEDIMENTO-LITHOGENESIS OF LOWER PLANNORBEL DEPOSITS OF THE MAYKOP SERIES OF THE FONTANIV-HORNOSTAYEV ZONE OF THE INDOLO-KUBAN DEPRESSION

***Rever A.O., Hnidets V.P., Hrigorchuk K.G.***

Проведені дослідження спрямовані на встановлення характеру просторово-вікової мінливості літологічної структури та мінералого-петрографічного складу осадових нашарувань нижньопланорбелової товщі майкопу Фонтанівсько-Горностаєвської зони Індоло-Кубанського прогину з метою реконструкції умов їх осадонагромадження.

За характером просторового розподілу товщин нижньопланорбелової товщі Фонтанівсько-Горностаєвської зони Індоло-Кубанського прогину на початок олігоценового часу представляли собою складнопобудований, в морфологічному відношенні, седиментаційний басейн з Кримським, Фонтанівським та Горностаєвським острівними суходолами, облямованими Багерівсько-Південнокерченським та Казантипським депоцентрами.

Літологічний склад товщі, потужність якої перевищує 500 м, характеризується домінуванням глинистих літотипів (від 29 до 70 % розрізу, середнє 49 %). Прошарки кластогенів (потужністю 0,2–10,0 м) тяжіють до нижніх частин розрізу і роль їх зростає при наближенні до ймовірних джерел зносу та на схилах конседиментаційних піднять (вміст пісковиків в розрізі коливається від 3 до 25 % (середнє 10 %); алевролітів – від 27 до 57 % (41 %).

За характером розвитку у розрізі товщеформуючих компонентів, згідно методики *(Киселев, Кульчицкий, 1983)* виділено чотири літологічні комплекси з трьох серій. Серед останніх найбільше просторове поширення має змішана псаміто-алевроліто-аргілітова серія.

*Алевролітова серія* розвинена в західних районах досліджуваної ділянки на схилах Кримського суходолу. Вона представлена єдиним псаміто-алевроліто-аргілітовим (пісковики 0–25 %, алевроліти 50–75 %, аргіліти 25–50 %) комплексом, товщиною до 400м, який формує два «язикоподібної» форми поля субширотного простягання.

В східному напрямку (в напрямку депоцентру) комплекс заміщується відкладами переважно аргіліто-алевролітового (пісковики 0–25%, алевроліти 25–50%, аргіліти 25–50 %) або змішаного теригенного (в рівних співвідношеннях всі три компоненти) (пісковики 25–50 %, алевроліти 25–50 %, аргіліти 25–50 %) комплексів *змішаної псаміто-алевроліто-аргілітової серії*. Ареали розвитку переважно аргіліто-алевролітового комплексу тяжіють до схилів конседиментаційних піднять, де потужність відкладів варіює від перших до понад 500 м. Породи змішаного теригенного (в рівних співвідношеннях) комплексу мають незначне просторове поширення. Невеличке за площею поле їх розвитку локалізоване в межах Вулканівської площі. Утворення усіх вищезгаданих комплексів в депресійних ділянках заміщуються відкладами аргілітового з прошарками псамітів та алевролітів (пісковики 0–25 %, алевроліти 0–25 %, аргіліти 50–75 %) комплексу *аргілітової серії*.

*Пісковики* та алевроліти (товщиною до 10 м) характеризуються строкатим забарвленням. Породи олігоміктового, рідше поліміктового складу середньо- та дрібнозернисті з хлорит-карбонатним, іноді карбонатним та регенераційним кварцовим цементом контактово-порового та порового типів. Текстура масивна, шарувата або лінзоподібно-шарувата. Уламковий матеріал (70–90 % розміром 0,1–0,2 до 0,3–0,5 мм) добре обкатаний та відсортований, представлений зернами кварцу та польових шпатів з окремими уламками кременистих порід, зернами світло-зеленого ромбічного піроксену (гіперстен), лусками слюди та фрагментами мікрофауни карбонатного складу. Аутигенні мінерали представлені глауконітом (5–15 %), піритом (3–5 %), сидеритом.

*Аргіліти* коричнево-сірі, темно-сірі, щільні масивні, іноді лінзовидно-шаруваті за рахунок прошарків (1–5 мм) пісковиків та алевролітів, поодиноких лінзочок та міліметрових прошарків сидеритів. Основна маса порід хлорит-гідрослюдистого та хлорит-карбонат-гідрослюдистого складу з черепашками та фрагментами мікрофауни карбонатного, іноді кременистого складу. Уламковий матеріал кутастої форми розподілений нерівномірно (10–40 %), полімінерального складу: слюда, кременисті породи, польові шпати, кварц, аутигенні глауконіт та пірит.

За результатами динамогенетичного аналізу гранулометричних аналізів порід (методика *(Passega, Byramjee, 1969)* та даними гамафаціальної інтерпретації каротажних діаграм (методика *(Porębsky, 1999)* нижньопланорбелові відклади *Казантипської западини* (Слюсарівська, Поворотна площі) ідентифікуються як утворення конусів виносу стічних течій з горизонтами пісків розливу; Фонтанівсько-Горностаєвської зони – спрямованих течій в лагуні на припіднятих ділянках шельфової рівнини (Фонтанівська та Горностаєвська площі) та регресивний вздовжбереговий бар (Марфівська площа).

Результати досліджень дозволили реконструювати умови ранньопланорбелового осадонагромадження в межах Фонтанівсько-Горностаєвського виступу та суміжних ділянок.

У загальних рисах ранньопланорбеловий басейн представляв собою обширу шельфову водойму з низкою депоцентрів та підводно-надводних височин. Денудаційні області були складені давніми теригенними та карбонатними породами. Осадонагромадження відбувалося у плитководних умовах з формуванням акумулятивних тіл конусів виносу стічних течій, пісків розливів, спрямованих течій в лагуні та трансгресивних вздовжберегових барів.

При цьому спостерігається певна латеральна неоднорідність обстановок седиментації. Вздовж північного та східного схилів Кримського суходолу формувалися конуси виносу та трансгресивні вздовжберегові бари. В межах же Фонтанівсько-Горностаєвського виступу та суміжних ділянок були розвинені утворення стічних течій, конусів виносу та регресивних вздовжберегових барів.

**Список використаних джерел:**

Киселев А.Е., Кульчицкий Я.О. [1983] Количественный метод в литологических исследованиях (на примере Лено-Вилюйской и Карпатской нефтегазоносных провинций) // Геологический журнал. – № 6. – С. 1-10.

Passega R., Byramjee R. [1969] Grain-Size Image of Clastic Deposite // Sedimentology.– N 13. – P. 233–252.

Porębsky S.I. [1999] Środowisko depozycyjne sukcesij nadewaporatowej w rejone Kraków-Brztsko (Zapadlisko Przedkarpackie) // Prace Państwowego Instytutu Geologicznego. – Vol. 168. – P. 97–118.

# ВИКОРИСТАННЯ ПОЛІНОМІАЛЬНОГО НАБЛИЖЕННЯ ПРИ ПОБУДОВІ 1-МІРНОЇ МОДЕЛІ ЩІЛЬНОСТІ МАНТІЇ ПІД УКРАЇНСЬКИМ ЩИТОМ ЗА РІВНЯННЯМ АДАМСА-ВІЛЬЯМСОНА

***Шумлянська Л.О., Пігулевский П.І.***

*Інститут геофізики НАНУ ім.С.І.Субботіна, Київ, lashum@ukr.net*

***Exploration of the Earth's interior is limited by the inability to use direct research methods at great depths. To solve such problems, the concept of "model" is introduced, which represents some kind of schema this object, reflecting the main features of its structure. Several classes of model problems are used in geophysics. If the physical parameters of the model are known, they talk about the physical model, if there are only theoretical ideas about the environment, we are talking about "theoretical" models, if some data on the physical parameters are known, and the missing ones are found on the basis of theoretical ideas, they talk about the optimal model. In order to obtain a density distribution that corresponds to generally accepted models, it is necessary to transform the first approximation obtained from the Adams-Williamson equation. This paper shows several options for transformation; based on the arithmetic mean correction for 5 reference mantle models (PEMC, PEMA, PREM, AK135, IASP91); using control points representing seismic boundaries to determine the intervals for computation of density using the Adams-Williamson equation; when introducing corrections in the form of the difference between the polynomials for the theoretical density curve and that obtained by the Adams-Wilmson equation for the IASP91 model. The density curve obtained by the last method is not distorted by the introduced density jumps from the IASP91 model, adheres to the positions of seismic boundaries along the inflections of the P-velocity curve, while the density curve obtained from the Adams-Williamson equation is transformed into a curve that is as close as possible to the IASP91 density curve while maintaining the geometry of the inherent curve seismic velocity of P and S waves. The density curve obtained using the difference polynomial shows the most approximate solution to the optimal density model for a given seismic velocity distribution, in our case for the mantle domain under the Ukrainian shield with center coordinates 28.25E 49N.***

MinGeo
Integration XXI

# USING OF THE POLYNOMIAL APPROXIMATION IN THE CONSTRUCTION OF A 1-DIMENSIONAL MODEL OF THE MANTLE DENSITY UNDER THE UKRAINIAN SHIELD ACCORDING TO THE ADAMS-WILLIAMSON EQUATION

***Shumlianska L.O., Pigulevskyy P.I.***

**Вступ.** *Рівняння Адамса-Вільямсона.* Перший і найбільш істотний крок на шляху побудови наближених до «реальних моделях» Землі зробили американські геофізики Адамс і Вільямсон в 1923 р. (*Буллен, 1978; Викулин, 2008; Жарков, 2013; Магницкий, 1965; Захаров, Смирнов, 2016).* Як все модельні задачі, їх підхід має задані постулати: Земля має однорідний склад; наростання тиску в мантії Землі відбувається по гідростатичному закону - приріст тиску Δρ при збільшенні глибини на Δr дорівнює вазі речовини цього шару, що припадає на одиницю площі, тобто стиску матеріалу під дією сил гравітації перешкоджають головним чином сили пружності. В цьому випадку справедливий закон Гука, який грає роль рівняння стану. Виходячи з цього,

$$dP = -K\theta,$$

$$K = \lambda + \frac{2}{3}\mu,$$

$\theta = \frac{dV}{V}$,

$K$ – модуль всебічного стиску; $\theta$ – відносна зміна обсягу (ділатансії).

Сейсмічний параметр дозволяє масштабувати зміну щільності у відповідність зі зміною швидкості об'ємної сейсмічної хвилі. Вважається, що даний підхід дозволяє визначити детальний розподіл щільності в надрах Землі і відповідно побудувати реальну модель Землі, проте, з урахуванням всіх заданих припущень про «реальності» годі й говорити, більш коректна вважати отриману модель квазі-реальної. Робимо далі підстановку,

$$dP = -K\frac{dV}{V} = K\frac{d\rho}{\rho} = \frac{K}{\rho}d\rho$$

$dP = Fd\rho$,

$\frac{d\rho}{dr} = -\frac{g\rho}{F}$ - рівняння Адамса-Вільямсона справедливо в тому випадку, коли щільність збільшується з глибиною тільки за рахунок ваги верхніх шарів.

$F = K/\rho = (V_P^2 - \frac{4}{3}V_S^2)$ – сейсмічний параметр.

З урахуванням закону всесвітнього тяжіння і визначення маси, укладеної в сферичної оболонці, що згадуються вище.

$$\begin{cases} \frac{d\rho}{dr} = -G\frac{\rho m(r)}{F\,r^2} \\ \frac{dm}{dr} = 4\pi\rho r^2 \end{cases}.$$

Різницева схема рішення системи рівнянь виглядає наступним чином (*Захаров, 2016*):

$$\begin{cases} \rho(r-\Delta r) = \rho(r) - \Delta\rho = \rho(r) + G\frac{\rho(r)m(r)\Delta r}{Fr^2} \\ m(r-\Delta r) = m(r) - \Delta m = m(r) - 4\pi\rho(r)r^2\Delta r \end{cases}$$

Якщо при $r=R_E$ задано $\rho(R_E)$ и $m(R_E)=M$, послідовно «знімаючи» шари потужністю $\Delta r$ отримуємо значення $\rho(r)$ при $r<R_E$, будуємо розріз щільності Землі ($R_E$ – радіус Землі; $M$ – маса Землі).

**Методика.** *Методика визначення опорних (реперних) точок значень щільності.*

В роботі (*Shumlianska et al., 2020*) описаний метод отримання сейсмічних меж по перегинам перших похідних швидкісний кривої і дані результати для мантії під Українським щитом. Ці дані можуть служити для визначення опорних точок (сейсмічних меж) для створення матриці реперних значень щільності, взятих з найбільш просторово близько розташованої до референтної моделі, отриманої при зіставленні швидкісних кривих. Для розрахункової швидкісний кривої по домену мантії під одним з мегаблоків Українського щита з координатами центру 28,25E 49N взята референтна модель IASP91.

Ми пропонуємо наступну схему розрахунку шуканої кривої щільності:

- дані по глибинах сейсмічних кордонів, відповідні нашими координатами, знаходяться в роботі (*Shumlianska et al., 2020*);

- за моделлю IASP91 для відповідних глибин визначаємо опорні значення щільності, що відповідають сейсмічним межам;

- в інтервалах сейсмічних меж знаходимо щільність за рівнянням Адамса-Вільямсона.

*Методика побудови оптимальної моделі щільності з внесеними поправками за поліномами, отриманими як різниця моделей щільності за рівнянням Адамса-Вільямсона і літературними даними.*

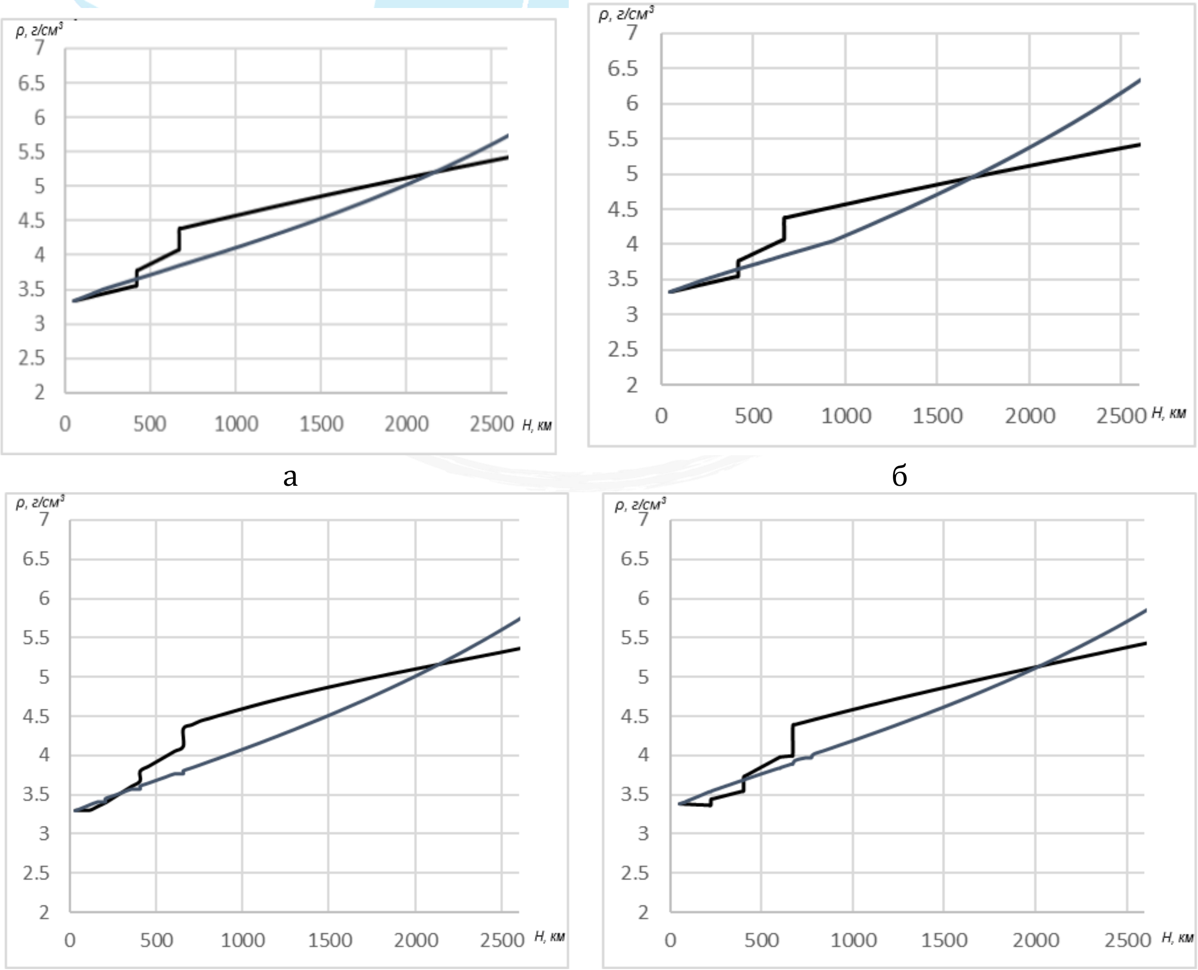
Побудуємо початкові моделі щільності за рівнянням Адамса-Вільямсона для референтних моделей Землі (PEMA, PEMC, PREM, IASP91, ak135). У рівнянні Адамсона-Вільямсона використовується сейсмічний параметр, отриманий за швидкостями об'ємних хвиль P, S. Розраховану криву апроксимуємо поліномами в межах стрибків щільності. Також апроксимуємо криві теоретичних щільності, побудовані за даними (*https://ds.iris.edu/ds/products/emc-referencemodels/*). Поправку знаходимо як різницю поліномів для теоретичних кривих щільності референтних моделей і отриманих по рівнянню Адамса-Вільямсона.

Поправку для однієї з референтної моделі використовуємо для наближення до «реальної» моделі щільності для одного з домену мантії під Українським щитом. Як і в попередньому випадку, будемо використовувати сейсмічні межі, в інтервалах яких застосуємо поправки по поліному для щільності референтної моделі IASP91.

**Результати.**

1. Слідуючи формули різницевого підрахунку щільності мантії, зазначеної вище, ми отримали рішення для знаходження щільності мантії за рівнянням Адамса-Вільямсона для 5 референтних швидкісних моделей (PEMC, PEMA, PREM, AK135, IASP91) і для однієї зі швидкісних кривих для P-хвиль, доповненої синтетичної кривої для S-хвиль, взятої з квазі-тривимірної сейсмотомографічної моделі для мантії під Українським щитом, а саме для домену з координатами центру 28,25E; 49N, в інтервалі глибин 50-2600 км. Для інших моделей ми також обмежимося глибинної 2600 км.

На рис.1 представлені криві щільності для референтних моделей у варіанті, взятих за даними авторів моделей *(на сайті https://ds.iris.edu/ds/products/emc-referencemodels/)* і пораховані за рівнянням Адамса-Вільямсона.

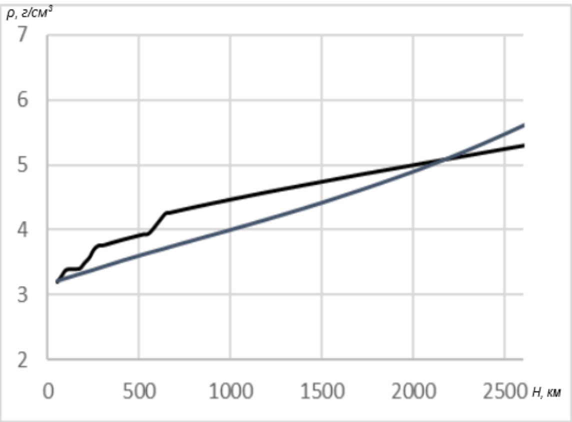


а

б

в

г



д

**Рисунок 1.** *Криві щільності теоретичні та перераховані за рівнянням Адамса-Вільямсона для референтних моделей Землі: а – PEMC; б – PEMA; в – PREM; г – ak135; l – IASP91; теоретична модель – чорна лінія, перерахована Адамса-Вільямсона – сіра.*

Різниця між теоретичними кривими щільності і отриманими за рівнянням Адамса-Вільямсона показує недолік постулату про однорідність мантії, а також припущення про створення тиску тільки за рахунок верхніх шарів. Для нівелювання цих відхилень ми пропонуємо ввести поправки в вигляді різниці поліномів для теоретичних референтних кривих щільності і отриманих в результаті перерахунку за рівнянням Адамса-Вільямсона. Введення таких поправок приводить у відповідність криві (рис. 2).

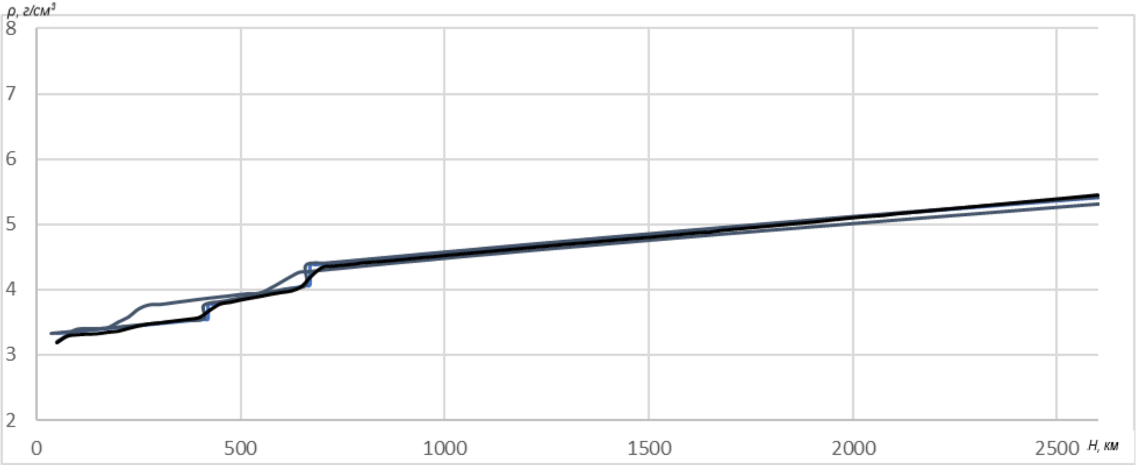


**Рисунок 2.** *Криві щільності для референтних моделей (сірі лінії) і для кривої під Українським щитом в мантійному домені з координатами центру 28,25E 49N (чорна лінія) з введеними поправками, для референтних моделей відповідно до різниці поліномів, для кривої під щитом поправки складають середнє арифметичне між поправками для референтних моделей.*

Однак введення поправок для кривої розглянутого мантійного домену призвело до спотворення геометрії вихідної кривої, що швидше за все призведе до помилкових (локальним) аномалій щільності.

Застосовуючи інший підхід, який використовується нами для референтних моделей, можливо визначити поправки у вигляді різниці поліномів для середньої кривої щільності від референтної моделі і шуканої (табл. 1).

**Таблиця 1. Поліноми для середньої кривої щільності, для шуканої кривої і їх різниця**

| | Глибина 0-675 км | Глибина 700-2600 км |
|---|---|---|
| Поліном для середньої моделі | $y = 2E\text{-}06x^2 + 0.0006x + 3.291$ | $y = 1E\text{-}08x^2 + 0.0005x + 3.8818$ |
| Поліном для шуканої моделі | $y = -5E\text{-}07x^2 + 0.0004 + 3.2058$ | $y = 1E\text{-}07x^2 + 0.0004x + 3.4347$ |
| Різниця поліномів | $y=2.5E\text{-}07x^2-0.0002x+0.0126$ | $y= -0.9E\text{-}07x^2+0.0001x+0.4471$ |

Отримана крива щільності після внесення поправок по різниці поліномів має розрив на кордоні 670 км, оскільки складно було підібрати поліном, який однозначно визначає верхню і нижню мантію одночасно. Залишається невирішеним питання про те наскільки отримана крива відповідає оптимальної моделі мантії і вносять чи поправки некоректні зміни до перерахованих криву (наскільки вона відповідає початковим змін сейсмічних швидкостей). Однак такий підхід краще використовувати для побудови відносних моделей, з опорної кривої, наприклад середньої для референтних або кривої для розглянутого домену мантії, а аномалії будуть показувати відхилення відносної опорної моделі.

2. Для мантійного домену з координатами центру 28.25E 49N маємо такі сейсмічні межі і відповідні їм значення щільності по моделі IASP91 (табл. 2).

**Таблиця 2. Значення глибин сейсмічних меж для мантійного домену з координатами 28.25E 49N з відповідними їм значеннями щільності по моделі IASP91.**

| Глибина сейсмиченої межі домена с координатами центра 28,25E 49N, км | Значення щільності по моделі IASP91 на глибинах, відповідних сейсмічних меж домена 28,25E 49N, г/см$^3$ |
|---|---|
| 135 | 3.39727 |
| 165 | 3.401584 |
| 290 | 3.765419 |
| 390 | 3.820897 |
| 425 | 3.867325 |
| 470 | 3.89995 |
| 515 | 3.93214 |
| 600 | 4.11500 |

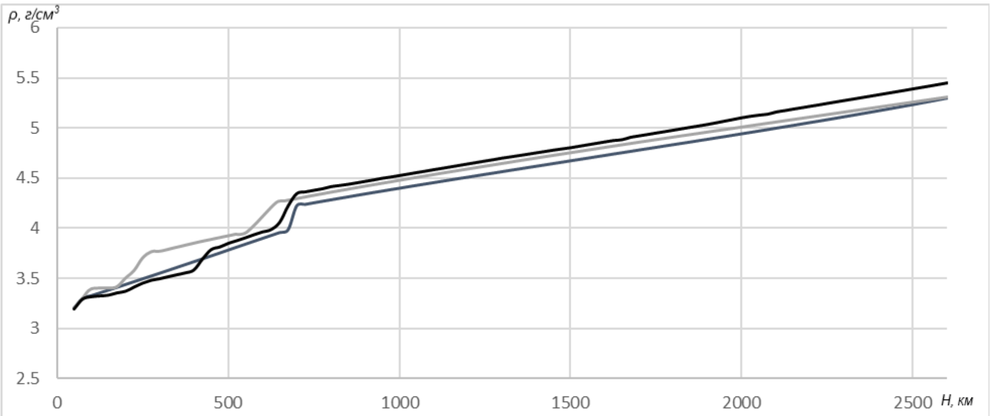


**Рисунок 3.** *Криві щільності: IASP91– верхня сіра лінія; крива для мантійного домену з координатами 28,25E 49N з внесеними середньоарифметичними поправками по референтним моделям; крива щільності для мантійного домену, обчислена, виходячи з рівняння Адамса-Вільямсона з поправками за різницевими поліномами щодо кривої щільності IASP91.*

На рис.3. показаний результат використання поправки по поліному для референтної моделі IASP91 щодо кривої щільності для розглянутого мантійного домену, порахували за рівнянням Адамса-Вільямсона. Поліноми були застосовані в інтервалах сейсмічних меж, визначених раніше по перегинів перших похідних кривої швидкості P-хвиль (*Shumlianska et al., 2020*).

**Висновки.** Вивчення глибинних надр Землі обмежені неможливістю використання прямих методів досліджень на великих глибинах. Для вирішення таких завдань вводиться поняття «модель», яка представляє якусь схему цього об'єкта, що відображає основні риси його будови. У геофізиці використовується кілька класів модельних задач, якщо відомі фізичні параметри моделі, говорять про фізичної моделі, при наявність лише теоретичних уявлень про середовище, мова йде про «теоретичні» моделі, якщо відомі деякі дані про фізичні параметри, а відсутні знаходяться на підставі теоретичних уявлень, кажуть про оптимальну модель.

При отриманні одновимірної моделі щільності відомим фізичним параметрами є тільки маса Землі і сейсмічні швидкості. Щільність отримують при вирішенні рівняння Адамса-Вільямсона, використання якого можливо при допущенні про те, що щільність створюється тільки вагою верхніх шарів, при однорідному складі мантії. Деяке наближення до реального розподілу щільності дає сейсмічний параметр $F = K/\rho = (V_P^2 - \frac{4}{3}V_S^2)$, який встановлює масштаб отриманої щільності щодо геометрії розподілу сейсмічних швидкостей, при цьому, як показано нашим дослідженням, отримані значення щільності не є абсолютними, а лише наближенням, що відповідає використовуваному рівнянню.

У даній роботі нами показано кілька варіантів трансформації на основі середньоарифметичної поправки по 5 референтним моделям (PEMC, PEMA, PREM, AK135, IASP91): з використанням опорних точок які представляють сейсмічні межи, для визначення інтервалів обчислення щільності за рівнянням Адамса-Вільямсона; при введення поправок у вигляді різниці поліномів для теоретичної кривої щільності і отриманої за рівнянням Адамса-Вільмсона для моделі IASP91. З рис.3 видно, що отримана останнім способом крива щільності не спотворена привнесеними стрибками щільності з моделі IASP91, дотримується розташування сейсмічних меж по перегинам кривої P-швидкості, при цьому крива щільності отримана з рівняння Адамса-Вільямсона трансформується в криву, максимально наближену до кривої оптимальної щільності при збереженні геометрії властивою кривої сейсмічної швидкості P і S хвиль.

MinGeo
Integration XXI

Отримана з використанням полінома різниці крива щільності дає найбільш коректне рішення оптимальної моделі щільності при даному розподілу сейсмічних швидкостей, в нашому випадку, для мантійного домену під Українським щитом з координатами центру 28,25E 49N.

**Список використаних джерел:**

Буллен К.Е. [1978] Плотность Земли. М.– Мир. – 442 с.

Викулин А.В. [2008] Физика Земли и геодинамика. Учебное пособие для геофизических специальностей вузов. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамГУ им. Витуса Беринга. – 463 с.

Жарков В.Н. [2013] Внутреннее строение Земли и планет. Элементарное введение в планетную и спутниковую геофизику – М.: ООО «Наука и образование». – 414 с.

Захаров В.С., Смирнов В.Б. [2016] Физика Земли. Инфра-М, Москва. – 328 с.

Магницкий В.А. [1965] Внутреннее строение и физика Земли. М. Недра.– 379 с.

Shumlianska L.O., Dubovenko Y.I., Pigulevskyy P.H. [2020] 2.5 dimensional model of mantle heterogeneities under the Ukrainian shield according to the gradients of the velocities of seismic waves Journal of Geology Geography and Geoecology 29(2):431-441 DOI: 10.15421/112039

MinGeo
Integration XXI

## АПРОБАЦИЯ ЧАСТОТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ НА УЧАСТКАХ ПОИСКОВ ВОДОНОСНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

***Якимчук Н.А.[1], Корчагин И.Н.[2], Дрогицкая Г.М.[2]***

*[1]Институт прикладных проблем экологии, геофизики и геохимии, Киев, yakymchuk@gmail.com*
*[2]Институт геофизики им. С.И. Субботина НАНУ, Киев, korchagin.i.n@gmail.com*

***The results of experimental studies using the methods of frequency-resonance processing of satellite images within the search area for water collectors in the Cherkasy region are presented. At the survey site, the presence of a granite volcano with a root at a depth of 996 km was established, and responses from dead water were recorded from the surface. From the granite volcano, signals were received only from samples of "old" granites. No gold responses from granites in this volcano have been recorded. From the surface, as well as at a hydrocarbon synthesis depth of 57 km, responses from oil and gas (intense) from granites were obtained. In the search area for reservoirs with water, as well as at the sites of drilled wells, the intervals of water accumulation are determined by scanning in the reservoirs of sedimentary rocks, as well as in granites. From some reservoirs with water, responses were obtained at iron frequencies.***

## APPROBATION OF THE FREQUENCY RESONANCE TECHNOLOGY OF SATELLITE IMAGES PROCESSING IN THE SEARCHING AREAS OF WATER-BEARING RESERVOIRS

***Yakymchuk N.A., Korchagin I.N., Drogitskaya G.M.***

**Введение.** Мобильные прямопоисковые методы частотно-резонансной обработки спутниковых снимков и фотоснимков целенаправленно используются в режиме апробации для поисков горючих и рудных полезных ископаемых и изучения глубинного строения Земли, а также планет и спутников Солнечной системы *(Якимчук и др., 2019; Якимчук, Корчагин, 2019а; 2019б; 2019в)*. В настоящем сообщении представлены результаты апробации мобильных методов на локальных участках поисков водоносных коллекторов в Черкасской области. Экспериментальные исследования проведены с целью изучения возможности применения прямопоисковой технологии для обнаружения залежей воды в коллекторах различного типа и определения оптимальных мест заложения скважин для водоснабжения.

**Методы исследований.** Экспериментальные исследования на площади обследования проведены с использованием методов частотно-резонансной обработки и декодирования спутниковых снимков и фотоснимков, вертикального сканирования (зондирования) разреза с целью определения (оценки) глубин залегания и мощностей различных комплексов пород и искомых полезных ископаемых, а также методики интегральной оценки перспектив нефтегазоносности (рудоносности) локальных участков и крупных блоков. Особенности использованных мобильных прямопоисковых методов, а также результаты их апробации и практического применения охарактеризованы в *(Якимчук и др., 2019; Якимчук, Корчагин, 2019а; 2019б; 2019в)*.

**Результаты исследований.** При подготовке к проведению экспериментальных работ рекогносцировочного характера использовались координаты пробуренных скважин и 4-х угловых точек локального участка поисков, а также текстовые документы от разных организаций, в которых приведены некоторые сведения об особенностях геологического строения верхней части разреза, полученные в результате ранее проведенных работ и бурения скважин.

1. По результатам работ с целью поисков источников водоснабжения г. Шпола в 1970-1973 гг. установлена сложная геологическая ситуация с поисками воды.

2. Поиски трещинных вод не дали положительного результата в этом районе (бурением установлена интенсивная кольматация трещин глинистым материалом). Поэтому задачу водоснабжения г. Шполы решали за счет бучакско-каневских и четвертичных водоносных горизонтов (осадочные породы). В результате бурения на эти горизонты были оборудованы Марьяновский и Васильковский водозаборы.

3. Установлено, что для этого района наблюдается значительная неоднородность упомянутых горизонтов, то есть чередование глинистого (непригодного для водоснабжения) и песчанистого разреза (благоприятного для водоснабжения). Причем изменение (чередование) этих горизонтов в плане по результатам предыдущих работ составляет до 100 - 150 м.

4. Отмечено также, что для четвертичного водоносного горизонта характерна повышенная железистость (то есть он практически непригоден для питьевого водоснабжения в данном районе). При недостаточной его изоляции при бурении скважины, он может загрязнять (повышать железистость) и ниже залегающие бучакско-каневские водоносные горизонты и горизонт трещинных вод.

5. В 2013 г. в частном домовладении пробурена скважина диаметром 125 и глубиной 78 м (41 м до гранитов и 37 м в гранитах). На глубине 47 м, в трещиноватой зоне обнаружен водоносный горизонт. Однако при исследовании воды в ней установлено повышенное содержание двухвалентного железа. Ниже водоносных горизонтов при бурении не обнаружено. В связи с этим существует необходимость в определении наличия водоносных горизонтов глубже 78 м.

Для проведения рекогносцировочного обследования площади поисков подготовлены два спутниковых снимка (рис. 1 и 2). На рис. 1 представлен спутниковый снимок площади, на котором маркерами показано положение всех пробуренных скважин и локального участка поисков. Положение участка поисков и пробуренной скважины возле частного строения показаны на фрагменте спутникового снимка более крупного масштаба (рис. 2).

*Участок поисков воды.* Экспериментальные исследования были начаты с частотно-резонансной обработки спутникового участка поисков воды (рис. 2). На начальном этапе работ при обработке снимка с поверхности зафиксированы отклики от мертвой воды, от живой воды сигналы не получены.

На площади участка зарегистрированы также отклики от нефти(!), газа(!), фосфора (желтый) и коэсита. Сигналы от конденсата, янтаря, золота и соли не получены.

Зафиксированы отклики от 9-ой (мергели) группы осадочных пород и 1-ой (граниты) группы магматических пород. Фиксацией откликов на различных глубинах корень гранитного вулкана определен на глубине 996 км. На поверхности 50 км получены отклики только от «старых» образцов гранитов с номерами 12-19 в используемой коллекции, от «молодых» образцов с номерами 1-11 сигналы отсутствовали. Следовательно, участок обследования расположен в пределах «старого» гранитного вулкана. В таких вулканах отклики от золота не фиксируются.

Сканированием разреза с поверхности (0 м), шаг 1 см, отклики от гранитов начали фиксироваться со 145 м и прослежены только до 1 км (дальше сканирование не проводилось). Отметим при этом, что полученная оценка глубины залегания верхней кромки гранитов 145 м является интегральной (средневзвешенной) для площади обследования на рис. 2.

На поверхности 145 м из верхней части разреза отклики от воды живой и мертвой не получены, а зафиксированы сигналы только от 7-ой (известняки) и 9-ой (мергели) групп осадочных пород.

При сканировании разреза со 145 м, шаг 10 см, отклики от мертвой воды из гранитов начали фиксироваться со 160 м и прослежены только до 250 м (дальше сканирование не проводилось).

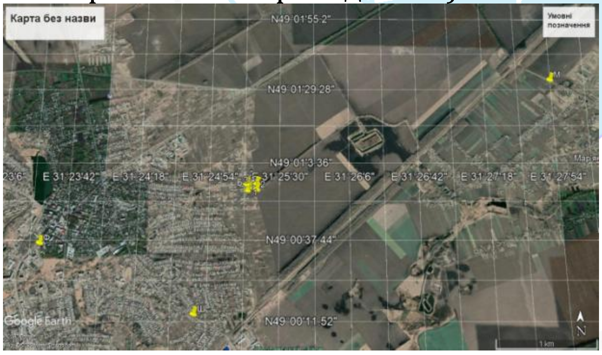


**Рисунок 1**. *Спутниковый снимок площади обследования в районе г. Шпола Пробуренные скважины обозначены маркерами с символами: «М» - Марьяновское месторождение воды; «Ф» - кондитерская фабрика; «Ш» - Шполянский молокозавод; «Б» - частный дом. Маркерами с символами 1, 2, 3, 4 обозначен участок поиска подземных вод.*

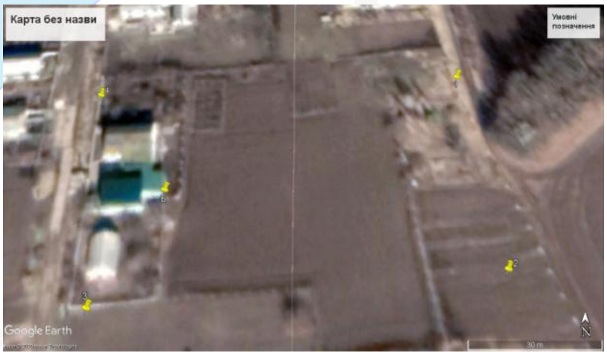


**Рисунок 2.** *Спутниковый снимок участка поисков воды в районе г. Шпола (Черкасская область). Маркерами с символами 1, 2, 3, 4 обозначен участок поиска подземных вод. Маркером с символом «Б» обозначено положение пробуренной скважины возле частного строения.*

Уточнение значений: при сканировании с 160 м, шаг 1 см, отклики от воды начали фиксироваться со 160 м и прослежены до 200 м (дальше прослеживание не проводилось).

На рис. 2 маркером с символом «Б» показано положение пробуренной скважины возле частного строения.

При сканировании разреза этой точке с поверхности, шаг 10 см отклики от гранитов начали фиксироваться с 40(41) м.

Из интервала 46-55 м получены сигналы слабой интенсивности от воды при сканировании разреза с 40 м до 78 м, шаг 1 см.

А сканированием разреза с поверхности, шаг 10 см отклики от мертвой воды из гранитов фиксировались в интервале 155-200 м.

*Площадь расположения пробуренных скважин.* При частотно-резонансной обработке спутникового снимка на рис. 1 с поверхности зафиксированы отклики от 7-ой (известняки) и 9-ой (мергели) групп осадочных пород, а также гранитов (1-ая группа магматических).

На поверхности 145 м из верхней части разреза получены отклики от известняков и мергелей, а также отклики слабой интенсивности от мертвой воды из известняков. От гранитов, а также мертвой воды из мергелей сигналы не зафиксированы.

С поверхности получены также отклики от нефти и газа. Регистрацией откликов от нефти и газа на разных поверхностях установлено, что верхняя граница фиксации откликов расположена в интервале глубин 1-2 км.

Отклики от нефти, газа (интенсивные) и фосфора зарегистрированы также на границе синтеза УВ 57 км.

Сканированием разреза с 1 км, шаги 10 и 50 см, отклики на частотах нефти зафиксированы в интервале 1590-1840 м (дальше сканирование не проводилось).

При сканировании разреза с 1 км, шаг 50 см, отклики на частотах газа фиксировались в интервале 1430-2500 м.

Локальный участок на Марьинском месторождении. На рис. 1 положение пробуренной скважины на месторождении обозначено маркером с символом М в правом верхнем углу рисунка.

На поверхности 110 м из нижней части разреза зафиксированы сигналы от мертвой воды из гранитов, из верхней части отклики отсутствовали.

Из верхней части разреза на глубине 110 м зарегистрированы сигналы от 1-6 групп осадочных пород, а также отклики от мертвой воды из 2-ой группы осадочных пород. Из нижней части разреза сигналы от этих пород и воды отсутствовали.

Сканированием разреза с поверхности, шаг 10 см отклики от мертвой воды из 2-ой группы осадочных пород получены из интервала 35(36)-48 м (до 110 м прослежено сканированием).

Сканированием разреза с поверхности, шаг 10 см отклики от мертвой воды получены из интервалов 1) 35(36)-48 м, 2) 53-59 м, 3) 150-200 м (интенсивные сигналы фиксировались также и дальше).

Верхняя кромка гранитов определена сканированием разреза с шагом 10 см на глубине 140(141) км.

Сканированием разреза с 30 м, шаг 1 см, отклики на частотах железа из воды зафиксированы из интервалов 1) 35-47.4 м, 2) 54.7-(57-интенсивный)-58.8(59) м (дальше сканирование не проводилось).

**Выводы и заключение.** На участке поисков коллекторов воды в Черкасской области установлено наличие гранитного вулкана с корнем на глубине 996 км и с поверхности зафиксированы отклики от мертвой воды. Из гранитного вулкана получены сигналы только от образцов «старых» гранитов. В «старых» гранитных вулканах отклики от золота ни разу не фиксировались. Не зарегистрированы сигналы от золота и на участке поисков воды. Зато с поверхности, а также на глубине синтеза УВ получены отклики от нефти и газа (интенсивные)!

На участке поисков коллекторов с водой, а также на площадках пробуренных скважин скопления воды определены сканированием в коллекторах осадочных пород, а также в гранитах. Из некоторых коллекторов с водой получены отклики на частотах железа.

Результаты экспериментальных работ на участке поиска воды и их сопоставление с материалами бурения позволяют сделать вывод, что технология частотно-резонансной обработки спутниковых снимков и фотоснимков позволяет обнаружить водоносные горизонты в осадочных коллекторах, а также в гранитах. При проведении детальных работ на участках поисков воды могут быть определены оптимальные места для бурения скважин на воду.

**Список использованных источников:**

Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Бахмутов В.Г., Соловьев В.Д. [2019] Геофизические исследования в Украинской морской антарктической экспедиции 2018 г.: мобильная измерительная аппаратура, инновационные прямопоисковые методы, новые результаты // Геоінформатика. – № 1. – С. 5-27.

Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. [2019а] Украинский щит: новые данные о глубинном строении и перспективах обнаружения залежей нефти, газоконденсата, газа и водорода // Геоінформатика.– № 2. – С. 5-18.

Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. [2019б] Особенности глубинного строения и перспективы нефтегазоносности отдельных блоков Украинского щита по результатам частотно-резонансного зондирования разреза // Геоінформатика. – № 3. – С. 5-18.

Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. [2019в] Технология частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ: результаты практической апробации при поисках полезных ископаемых в различных регионах земного шара. Часть I. // Геоінформатика. – № 3. – С. 29-51. Часть II. // Геоінформатика. – № 4. – С. 30-58. Часть III. // Геоінформатика. – 2020. – № 1. – С. 19-41.

## РЕЗУЛЬТАТЫ РЕКОГНОСЦИРОВОЧНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ПЛОЩАДИ СЛАНЦЕВЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ В БАССЕЙНЕ УИЛЛИСТОН (США)

***Якимчук Н.А.[1], Корчагин И.Н.[2]***

*[1]Институт прикладных проблем экологии, геофизики и геохимии, Киев, yakymchuk@gmail.com*
*[2]Институт геофизики им. С.И. Субботина НАНУ, Киев, korchagin.i.n@gmail.com*

***The paper presents the results of a reconnaissance survey of large areas in the region of shale play in the Williston Basin. A volcano rooted at a depth of 470 km, filled with sedimentary rocks of 1-6 groups, has been identified within the shale play. Signals from oil, gas, condensate, amber, phosphorus and living water were recorded in the volcano at the 57 km border, and from carbon dioxide and dead water at 59 km. By scanning the cross-section from the surface up to 10 km, five intervals were identified for oil deposits searching. On the surface of 10 km, oil responses were also obtained from the deep horizons of cross-section. The facts of migration of gas (methane), carbon dioxide and phosphorus into the atmosphere were established by instrumental measurements on the play area. Within the zone of hydrogen degassing, a large basalt volcano with a root at a depth of 470 km was discovered, responses from hydrogen and living water were***

***recorded, the presence of hydrogen bacteria was established in the upper part of cross-section, and the fact of migration of hydrogen and phosphorus into the atmosphere was confirmed.***

# RESULTS OF A RECONNAISSANCE SURVEY OF THE SHALE HYDROCARBONS AREA IN THE WILLISTON BASIN (USA)

***Yakymchuk N.A., Korchagin I.N.***

**Введение.** В статье *(Sonnenberg, 2021)* представлены материалы изучения крупной залежи (плея) тяжелой нефти в бассейне Williston на севере США. В связи с этим возникла целесообразность провести с использованием прямопоисковых методов частотно-резонансной обработки спутниковых снимков *(Якимчук и др., 2019)* рекогносцировочное обследование площади расположения плея с целью оценки перспектив обнаружения в его пределах скоплений (залежей) УВ в глубинных горизонтах разреза.

В процессе анализа спутниковых снимков территории расположения плея внимание авторов привлекли локальные участки и крупные площади с особенностями рельефа (земной поверхности), характерными для зон видимой водородной дегазации. Предварительные результаты обследования сланцевого плея и крупной зоны водородной дегазации анализируются в тезисах доклада.

**Методы исследований.** Экспериментальные исследования рекогносцировочного характера проводятся с использованием мало-затратной прямопоисковой технологии, включающей модифицированные методы частотно-резонансной обработки и декодирования спутниковых снимков и фотоснимков, вертикального электрорезонансного зондирования (сканирования) разреза и методики интегральной оценки перспектив нефтегазоносности (рудоносности) крупных поисковых блоков и локальных участков *(Якимчук и др., 2019)*. Отдельные компоненты используемой технология разработаны на принципах «вещественной» парадигмы геофизических исследований, сущность которой заключается в поиске конкретного (искомого в каждом отдельном случае) вещества. В основе разработанных методов лежат обнаруженные Николой Тесла в 1899 г. стоячие электрические волны. В модифицированных версиях методов частотно-резонансной обработки спутниковых снимков и фотоснимков, а также вертикального зондирования (сканирования) разреза используются существующие базы (наборы, коллекции) осадочных, метаморфических и магматических пород *(http://rockref.vsegei.ru/petro/)*, минералов и химических элементов. Особенности и возможности использованных методов, а также методика проведения измерений описаны более детально в *(Якимчук и др., 2019; Якимчук, Корчагин, 2019; 2020; Yakymchuk and Korchagin, 2020)*.

**Результаты исследований.** Структурная карта верхней части крупного сланцевого плея в бассейне Williston (США) представлен на рис. 1, а спутниковые снимки территории исследований – на рис. 2. Маркерами с координатами 1) 48°59'60.00"С, 103°59'60.00"З, 2) 48°59'60.00"С, 102°0'0.00"З, 3) 46°30'0.00"С, 102°0'0.00"З, 4) 46°30'0.00"С, 103°59'60.00"З на снимках обозначена площадь расположения центральной (основной) части сланцевого плея. На первом этапе работ проведена обработка фрагмента снимка на рис. 2а, обозначенного маркерами.

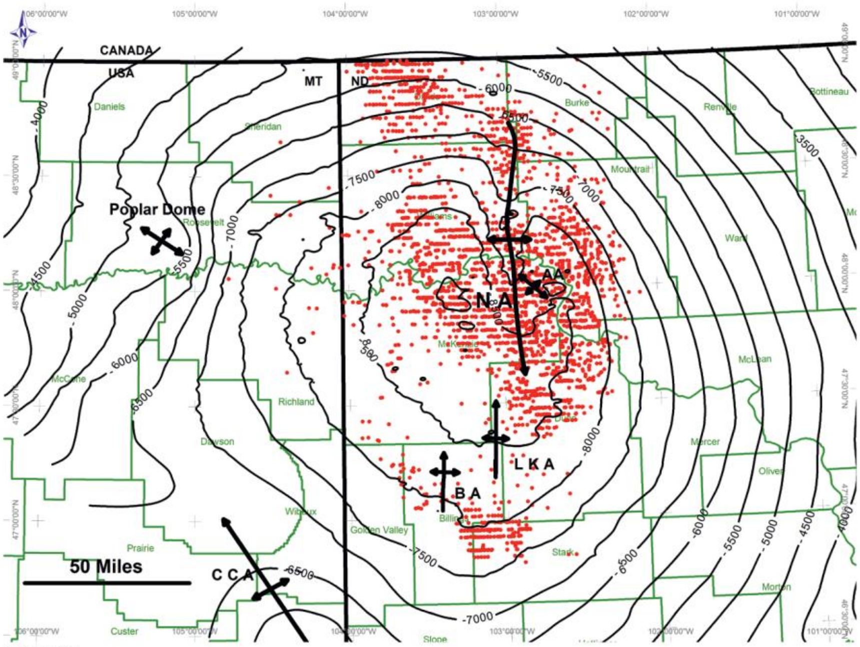


***Рисунок 1.*** *Структурная карта верхней части сланцевого плея Three Forks. Интервал изолиний – 500 футов. Участки добычи тяжелой нефти из плея обозначены красными точками (Sonnenberg, 2021).*

В процессе частотно-резонансной обработке фрагмента спутникового снимка на рис. 2а с поверхности зафиксированы отклики на частотах нефти, конденсата, газа, янтаря, углекислого газа, бактерий (метаноокисляющие бактерии, популяции которых анализируются в методе микробиологической разведки на нефть и газ компании MicroPro GmbH)), фосфора (желтого), горючих сланцев, газогидратов, антрацита, льда, мертвой воды и осадочных пород 1-6 групп. Отклики от водорода, соли и магматических пород не получены.

Фиксацией откликов на различных глубинах (50, 99, 218, 480, 460 км) корень вулкана 1-6 групп осадочных пород зафиксирован на глубине 470 км.

На поверхности синтеза УВ 57 км зарегистрированы отклики на частотах нефти, конденсата, газа, янтаря, фосфора (желтого) и живой воды. Отклики от мертвой воды и углекислого газа получены на глубине 59 км.

На дневной поверхности (0 м) из верхней части разреза получены отклики от углекислого газа, газа (метана) и фосфора (желтого), что свидетельствует об их миграции в атмосферу.

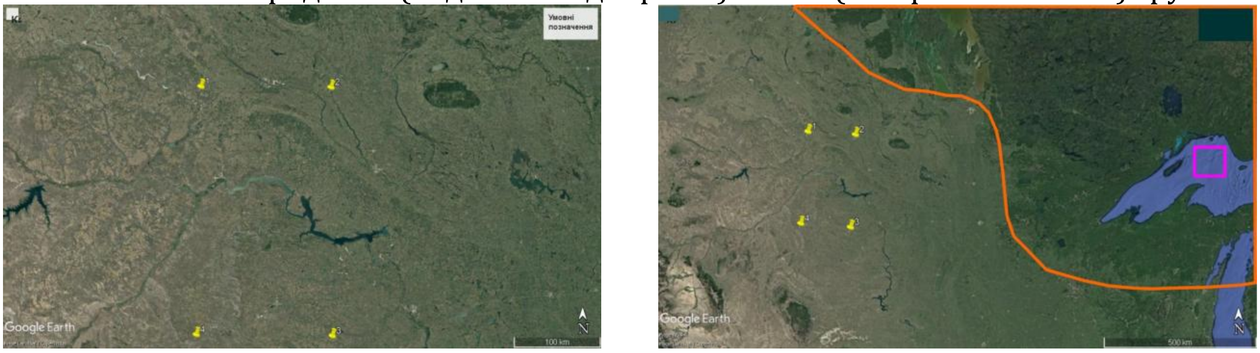
Сканированием разреза с поверхности, шаг 1 м, отклики на частотах нефти получены из следующих интервалов: 1) 1240-1650 м, 2) 2740-3710 м, 3) 4320-4700 м, 4) 6970-(7400-интенсивные)-7620 м, 5) 8140-(8700-интенсивные)-8880 м (до 10 км прослежено).

На поверхности 10 км также зарегистрированы отклики от нефти, конденсата и газа, что свидетельствует об их присутствии в глубинных горизонтах разреза.

Обследование зон и участков водородной дегазации началось с крупной зоны, обозначенной на рис. 2б цветным контуром в правом верхнем углу.

В процессе частотно-резонансной обработке фрагмента спутникового снимка в этом многоугольном контуре (рис. 2б) с поверхности зарегистрированы отклики от фосфора (красного), водорода, бактерий водородных (рис. 3), живой воды (интенсивные), мертвой воды (слабой интенсивности). Сигналы от нефти, газа, конденсата, глубинных базальтов и соли не получены.

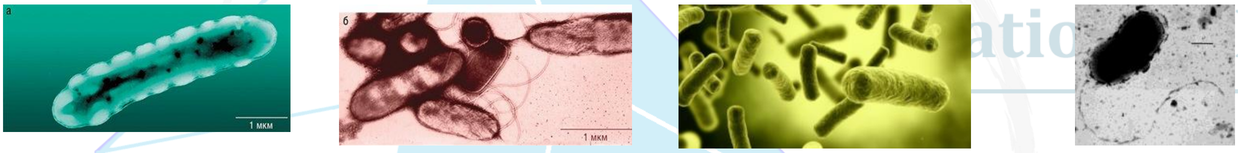
С поверхности зарегистрированы сигналы от осадочных пород 1-6 групп, а также магматических пород 4-ой (андезиты и диориты) и 6-ой (габбро и базальты) групп.



*а)* *б)*

***Рисунок 2.*** *Спутниковые снимки территории в районе расположения сланцевого плея в бассейне Williston на севере США.*

Фиксацией откликов на различных глубинах (50, 99, 218, 480, 470 км) корень базальтового вулкана определен на глубине 470 км. А сканированием разреза с поверхности, шаг 1 м, верхняя кромка базальтов зафиксирована на глубине 320 м.



*а)* *б)* *в)* *г)*

***Рисунок 3.*** *Фотографии бактерий, поглощающих водород.*

На поверхности 320 м из верхней части разреза получены сигналы от осадочных пород 1-6 групп и водорода (слабой интенсивности).

На дневной поверхности (0 м) из верхней части разреза получены отклики от водорода и фосфора, что свидетельствует об их миграции в атмосферу.

При сканировании разреза с 320 м, шаг 1 м сигналы на частотах водорода начали фиксироваться из базальтов с 425 м, а живой воды - с 490 м.

При обработке фрагмента снимка на рис. 2б, обозначенного прямоугольным контуром в озере, с поверхности зарегистрированы сигналы от живой воды, мертвой воды (слабой интенсивности) и магматических пород 4-ой и 6-ой групп.

Корень базальтового вулкана определен на глубине 470 км, а верхняя кромка базальтов зафиксирована сканированием на глубине 190 м,

На дневной поверхности (0 м) из верхней части разреза получены отклики от водорода, что свидетельствует об его миграции в атмосферу. При сканировании разреза с поверхности, шаг 1 см отклики на частотах живой воды начали фиксироваться с 1 м.

При сканировании разреза с 180 м, шаг 10 см отклики на частотах водорода начали фиксироваться из базальтов с 204 м, а от живой воды – с 216 м.

**Выводы и заключение.** В районе расположения сланцевого плея проведены исследования рекогносцировочного характера, основные результаты которых могут быть резюмированы следующим образом.

На площади расположения сланцевого плея установлено наличие вулканического комплекса с корнем на глубине 470 км, заполненного осадочными породами 1-6 групп. На границе 57 км в этом вулкане существуют условия для синтеза нефти, газа, конденсата, янтаря, фосфора и живой воды. Синтез углекислого газа и мертвой воды в пределах вулкана осуществляется на поверхности 59 км.

Сканированием разреза с поверхности до 10 км выделено пять интервалов для поисков залежей нефти. На поверхности 10 км получены также отклики от нефти из глубинных горизонтов разреза. Инструментальными измерениями на площади расположения плея установлены факты миграции газа (метана), углекислого газа и фосфора в атмосферу.

Результаты рекогносцировочного обследования плея являются дополнительными к представленным в *(Yakymchuk and Korchagin, 2020)* свидетельствами в пользу существования залежей УВ в глубинных горизонтах разреза в сланцевых бассейнах.

К востоку от района расположения сланцевого плея обнаружен крупный базальтовый вулканический комплекс, в пределах которого зарегистрированы отклики от водорода и живой (целебной) воды. Корень базальтового вулкана зафиксирован на глубине 470 км, верхняя кромка – на 320 м, а сигналы на частотах водорода и живой воды начали фиксироваться из базальтов с 425 м и 490 м соответственно.

В пределах базальтового вулкана установлены присутствие водородных бактерий в верхней части разреза и факт миграции водорода и фосфора в атмосферу.

На площади расположения базальтового вулканического комплекса целесообразно провести детальные геолого-геофизические исследования с целью оценки перспектив добычи природного водорода и живой (целебной) воды.

В заключение отметим, что мало-затратная прямопоисковая технология частотно-резонансной обработки спутниковых снимков позволяет получать новую и независимую информацию о глубинном строении и полезных ископаемых на площадях рекогносцировочного и детального обследования и может найти применение при поисках залежей нефти и газа в глубинных горизонтах разреза, а также природного водорода на участках расположения базальтовых вулканов и в пределах зон водородной дегазации.

## Список использованных источников:

Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Бахмутов В.Г., Соловьев В.Д. [2019] Геофизические исследования в Украинской морской антарктической экспедиции 2018 г.: мобильная измерительная аппаратура, инновационные прямопоисковые методы, новые результаты // Геоінформатика. – № 1. – С. 5-27.

Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. [2019] Технология частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ: результаты практической апробации при поисках полезных ископаемых в различных регионах земного шара. Часть I. // Геоінформатика. – № 3. – С. 29-51. Часть II. // Геоінформатика. – № 4. – С. 30-58. Часть III. // Геоінформатика. – 2020. – № 1. – С. 19-41.

Sonnenberg Stephen [2021] The giant, continuous Three Forks Play, Williston Basin. First Break, volume 39, April 2021. P. 75-85.

Yakymchuk M., Korchagin I. [2020] On the prospects of hydrocarbon accumulations detection in traditional reservoirs in deep horizons of cross-section within shale gas production areas. 19th EAGE International Conference on Geoinformatics – Theoretical and Applied Aspects. Kyiv, 11-14 May 2020. CD-ROM Abstracts volume. Abstract 18364_ENG. 5 pages. https://eage.in.ua/?page_id=450

# РЕКОГНОСЦИРОВОЧНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ПЛОЩАДИ РАСПОЛОЖЕНИЕ КРАТЕРА ИЛАНЬ В ПРОВИНЦИИ ХЭЙЛУНЦЗЯН (КИТАЙ)

***Якимчук Н.А.[1], Корчагин И.Н.[2]***

*[1]Институт прикладных проблем экологии, геофизики и геохимии, Киев,
yakymchuk@gmail.com*
*[2]Институт геофизики им. С.И. Субботина НАНУ, Киев, korchagin.i.n@gmail.com*

***The results of a reconnaissance survey of the Yilan structure area using the technology of frequency-resonance processing of satellite images and photographs are presented. At the site of the crater, a diamondiferous kimberlite volcanic complex was discovered with a root at a depth of 723 km and an upper edge located in the interval of 606-609 m. Signals at diamond frequencies were recorded from a depth of 763 m. The crater in the upper part of the kimberlite volcano is filled with limestone from which responses were obtained from glassy spherules found while drilling a well on the structure. Near the kimberlite volcano there are volcanic complexes filled with basalts, limestones, dolomites and marls. The responses at hydrogen frequencies were recorded in the surveyed area. The fact of hydrogen migration into the atmosphere has been established. From the glassy spherules found in the area, responses were recorded at the frequencies of hydrogen, deuterium, chlorine, iron, and cobalt.***

# RECOGNOSING SURVEY OF AREA OF YILAN CRATER LOCATION IN HEILONGJIANG PROVINCE (CHINA)

***Yakymchuk N.A., Korchagin I.N.***

**Введение.** Частотно-резонансная технология обработки спутниковых снимков и фотоснимков *(Якимчук и др., 2019)* активно применяется для решения разнообразных геологических задач, в том числе и для обследования участков расположения кольцевых и импактных структур в различных регионах мира *(Якимчук и др., 2020)*. В настоящем сообщении представлены предварительные результаты применения мобильных методов технологии на площади расположение кратера Илань в китайской провинции Хэйлунцзян. Экспериментальные рекогносцировочные исследования проведены с целью изучения особенностей глубинного строения участка расположения структуры, а также определения ее генезиса.

**Методы исследований.** Экспериментальные исследования на площади обследования проведены с использованием методов частотно-резонансной обработки и декодирования спутниковых снимков и фотоснимков, вертикального сканирования (зондирования) разреза с целью определения (оценки) глубин залегания и мощностей различных комплексов пород и искомых полезных ископаемых, а также методики интегральной оценки перспектив нефтегазоносности (рудоносности) локальных участков и крупных блоков. Особенности использованных мобильных прямопоисковых методов, а также результаты их апробации и практического применения охарактеризованы в *(Якимчук и др., 2019; 2020; Якимчук, Корчагин, 2019)*.

**Результаты исследований.** Материалы полевых работ в пределах структуры Илань, выполненных китайскими специалистами, обсуждаются в информационном сообщении *(Chinese…)*. В документе представлены также 1) схема расположения структуры в провинции (рис. 1), спутниковый снимок площади ее расположения (рис. 2), фотоснимки структуры (рис. 3) и участка расположения буровой установки (рис. 4), а также фотография обнаруженных в контурах структуры сферул (рис. 5). Эти графические материалы использовались при проведении инструментальных измерений.

В процессе частотно-резонансной обработки фрагмента спутникового снимка площади расположения импактной структуры (прямоугольник на рис. 2) с поверхности зарегистрированы отклики на частотах алмазов, 7-ой группы осадочных пород (известняки) и 11-ой группы магматических пород (кимберлиты). Отклики от нефти, конденсата, газа, фосфора, водорода, мертвой воды, графита, золота, лонсдейлита и соли не получены.

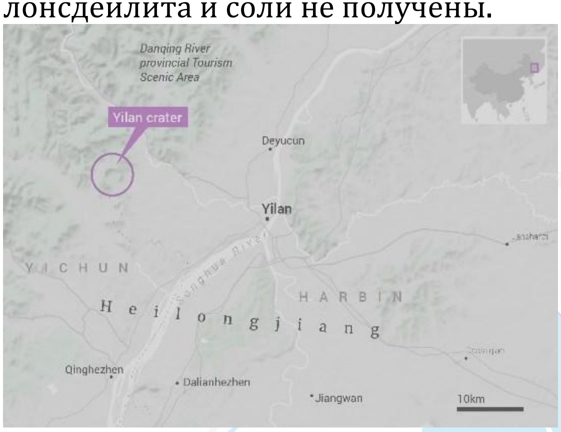


**Рисунок 1.** *Расположение кратера Илань в провинции Хэйлунцзян.*

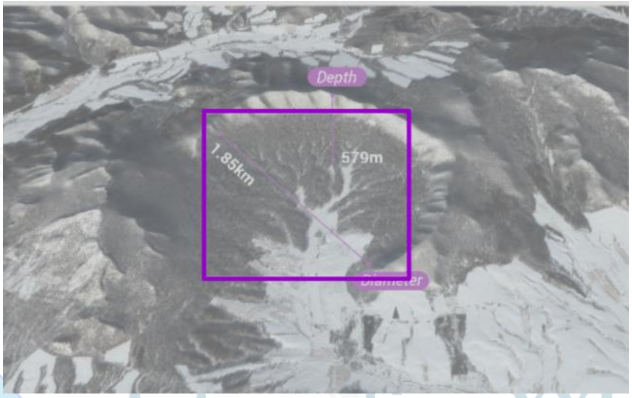


**Рисунок 2.** *Спутниковый снимок кратера Илань в провинции Хэйлунцзян.*

Фиксацией откликов на различных глубинах (50, 99, 218, 480, 722, 724 км) корень кимберлитового вулкана определен на глубине 723 км.

Сканированием разреза с поверхности с шагами 10, 50 и 1 см нижняя кромка известняков зафиксирована на глубине 609.8 м. На поверхности 609 м из верхней части разреза сигналы от алмазов и кимберлитов не зафиксированы.

При сканировании разреза с 609.8 м, шаг 10 см отклики от алмазов начали фиксироваться с 763 м.

В процессе обработки всего снимка на рис. 2 зарегистрированы сигналы от известняков и кимберлитов. На поверхности 700 м из нижней части разреза отклики от известняков отсутствовали.

При сканировании разреза с использованием снимка на рис. 2 без фрагмента в прямоугольнике с поверхности, шаг 10 см нижняя кромка известняков определена на глубине 59 м. На поверхности 60 м из нижней части разреза отклики от известняков не получены, а от кимберлитов зафиксированы.

При частотно-резонансной обработке всего снимка на рис. 3 с поверхности зарегистрированы сигналы от фосфора (красного и желтого), водорода, бактерий водородных, живой воды, алмазов. Сигналы от нефти, конденсата, газа, мертвой воды, глубинных базальтов, лонсдейлита, соли калий-магниевой и соли натрий-хлористой не получены.

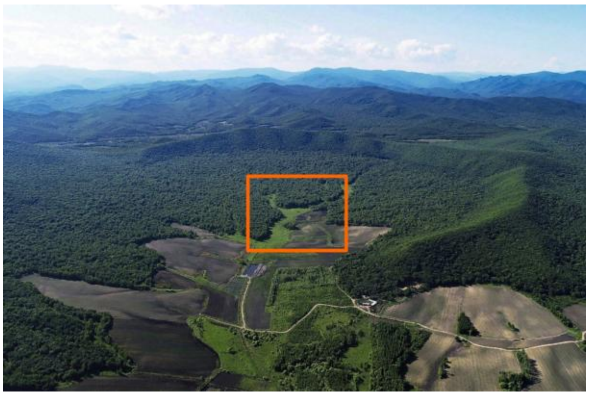


**Рисунок 3.** *Фотоснимок кратера Илань в провинции Хэйлунцзян.*

**Рисунок 4.** *Фотоснимок буровой установки на участке расположения кратера Илань.*

Зафиксированы также отклики от 7-ой (известняки), 8-ой (доломиты), 9-ой (мергели) групп осадочных пород, а также 6-ой (базальты), 6А (долериты и андезиты) и 6Б (лампроиты) групп магматических пород. Фиксацией откликов на различных глубинах определены корни вулканов, заполненных различными породами: а) базальтами – 218 км; б) кимберлитами – 723 км; доломитами – 723 км; мергелями – 723 км; известняками – 470 км. Из интервала 99-723 км получены отклики от 10-ой группы осадочных (кремнистых) пород.

На поверхности 0 м из верхней части разреза получены сигналы на частотах водорода, что свидетельствует об его миграции в атмосферу.

При обработке фрагмента снимка на рис. 3 в прямоугольном контуре зафиксированы сигналы от известняков, а также 6А, 6Б и 11-ой (кимберлиты) групп магматических пород.

Сканированием разреза с 600 м, шаг 1 см, отклики от кимберлитов начали фиксироваться с 606 м. Отклики от известняков на поверхности 606 м не зафиксированы из нижней части разреза, а из верхней части получены.

При обработке всего снимка на рис. 3 на поверхности 13 км из нижней части разреза зарегистрированы сигналы от 6А и 6Б групп магматических пород, а на глубине 14 км сигналы от этих пород уже отсутствовали. В процессе сканирования разреза с 13 км, шаг 1 м отклики от 6А и 6Б групп пород фиксировались до 13.150 км и 13.130 км соответственно.

В процессе проведения инструментальных измерений отклики на частотах сферул (рис. 5) получены только из 6А (долериты и андезиты) и 6Б (лампроиты) групп магматических пород.

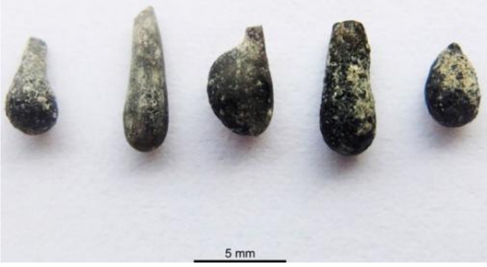


**Рисунок 5.** *Частицы стекла в форме капли, обнаруженные в кратере Илань.*

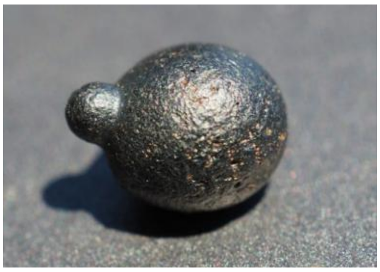


**Рисунок 6.** *Стеклянный выброс из пустыни Атакама (Чили) (Glassy…)*

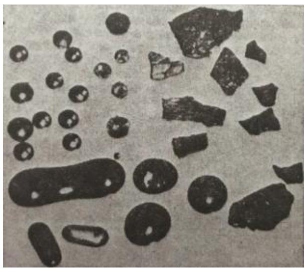


**Рисунок 7.** *Частицы из пород взрывных структур Украины*

При обработке всего снимка на рис. 2, а также его фрагмента в прямоугольнике отклики на частотах сферул (рис. 5) зарегистрированы. А при обработке снимка на рис. 2 без фрагмента в прямоугольнике сигналы от сферул отсутствовали.

Отклики от сферул зафиксированы также при обработке локального фрагмента снимка участка расположения буровой установки (рис. 4, небольшой прямоугольник в правом нижнем углу).

При обработке фрагмента снимка на рис. 2 фиксацией откликов на различных глубинах установлено, что верхняя граница регистрации откликов от сферул расположена в интервале 400-500 м.

Сканированием разреза с поверхности, шаг 20 см с переходом на 2 см отклики от сферул получены из интервала 525-609.5 м. На этапе уточнения результатов сканированием с шагом 2 см отклики от сферул получены также из интервалов 1) 406-407 м, 2) 413.5-417 м, 3) 421-430 м (дальше сканирование не проводилось).

На локальном участке фотоснимка расположения буровой (рис. 4) отклики от сферул зафиксированы на поверхности 400 м только из нижней части разреза. При сканировании этого фрагмента с 400 м, шаг 2 см, сигналы от сферул получены из интервала 408-412 м, зафиксированы на глубине 600 м из нижней части разреза и прослежены с шагом 2 см до 605 м. На глубине 606 м отклики от сферул из нижней части разреза не получены.

В процессе частотно-резонансной обработка фотоснимка сферул (рис. 5) отклики на частотах сферул получены из 6А (долериты и андезиты) и 6Б (лампроиты) групп магматических пород. Инструментальными измерениями из сферул получены отклики на частотах 1) долерита биотит-гиперстенового; 2) долерита биотит-роговообманкового; 3) долерита порфирит-кварцевого (группа 6А), а также 1) одинита, 2) малхита 3) мончикита, 4) альнеита (группа 6Б).

При обработке фотоснимка сферул (рис. 5) зафиксированы сигналы на частотах 5-ти химических элементов: 1) водорода, 2) дейтерия, 3) хлора, 4) железа, 5) кобальта.

**Выводы и заключение.** На площади расположения структуры Илань с использованием прямопоисковой технологии проведены исследования рекогносцировочного характера. Выше представлены результаты первого этапа экспериментальных работ.

На участке расположения кратера инструментальными измерениями обнаружен алмазоносный кимберлитовый вулканический комплекс с корнем на глубине 723 км и верхней кромкой, расположенной в интервале 606-609 м. Сигналы на частотах алмазов зафиксированы из кимберлитов с глубины 763 м.

Воронка глубиной порядка 610 м в верхней части кимберлитового вулкана заполнена известняками, из которых получены отклики от стекловидных сферул, обнаруженных при бурении скважины в пределах структуры.

Рядом с кимберлитовым вулканом расположены вулканические комплексы, заполненные базальтами, известняками, доломитами и мергелями.

Отклики на частотах водорода практически всегда фиксируются над базальтовыми вулканами. Зафиксированы они и на обследованной площади. Инструментальными измерениями установлен также факт миграции водорода в атмосферу.

От обнаруженных на участке исследований стекловидных сферул (рис. 5) зарегистрированы отклики на частотах водорода, дейтерия, хлора, железа и кобальта. По составу химических элементов сферулы с участка идентичны сферулам, обнаруженным в пустыне Атакама (Чили) (рис. 6) и в пределах взрывных структур на Украине (рис. 7).

Результаты проведенных исследований можно считать дополнительными свидетельствами в пользу вулканической модели формирования внешнего облика и структурных элементов Земли, а также месторождений полезных ископаемых.

**Список использованных источников:**

Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Бахмутов В.Г., Соловьев В.Д. [2019] Геофизические исследования в Украинской морской антарктической экспедиции 2018 г.: мобильная измерительная аппаратура, инновационные прямопоисковые методы, новые результаты // Геоінформатика. – № 1. – С. 5-27.

Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. [2019] Технология частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ: результаты практической апробации при поисках полезных ископаемых в различных регионах земного шара. Часть I. // Геоінформатика. – № 3. – С. 29-51. Часть II. // Геоінформатика. – № 4. – С. 30-58. Часть III. // Геоінформатика. – 2020. – № 1. – С. 19-41.

Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Янушкевич К.П. [2020] Апробация методов частотно-резонансной обработки спутниковых снимков и фотоснимков на геологической структуре «кратер Чиксулуб». // Геоінформатика. – № 2. – С. 39-49.

Chinese scientists find evidence of most powerful asteroid strike humans ever experienced. https://www.scmp.com/news/china/science/article/3143944/chinese-scientists-find-evidence-most-powerful-asteroid-strike

Glassy Nodules Pinpoint a Meteorite Impact. https://eos.org/articles/glassy-nodules-pinpoint-a-meteorite-impact?mkt_tok=OTg3LUlHVC01NzIAAAF-3fGu6Z1wtvBQ3swkYqvFT5mh8OznFmr6h9FfY-P11cQSsQtj4-CT8h6HjF3o7Irw_x3VCh0xf1v-vRAlMjEEs0TvI_hSnI60ulq-fUA

# СУЧАСНІ КОМПЛЕКСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОРИСНИХ КОПАЛИН З МЕТОЮ ОБ'ЄКТИВНОЇ ОЦІНКИ ЇХ ЯКОСТІ, ОПТИМІЗАЦІЇ ВИДОБУТКУ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕНЕДЖМЕНТУ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

## ИССЛЕДОВАНИЕ В ОБЛАСТИ ПОЛУЧЕНИЯ СИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ МАГМАТИЧЕСКИХ И ОСАДОЧНЫХ ПОРОД РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

***Баранцева С.Е.[1], Кузьменкова О.Ф.[2], Толкачикова А.А.[2], Климош Ю.А.[1],
Гундилович Н.Н.[1], Азаренко И.М.[1]***

*[1]Белорусский государственный технологический университет, Минск, svetbar@tut.by*
*[2]Государственное предприятие «НПЦ по геологии», Минск*

MinGeo
Integration XXI

***The results of research in the field of using igneous and sedimentary rocks of the Republic of Belarus for obtaining silicate materials for construction purposes are presented. The compositions of raw materials, temperature and time parameters of heat treatment have been developed and optimized, a complex of physical and chemical properties of materials has been determined, which has confirmed the feasibility of using the above rocks to expand the mineral resource base of the republic, increase the profitability of mining of developed deposits, waste disposal and reduce environmental stress in adjacent regions.***

## RESEARCH IN THE FIELD OF OBTAINING SILICATE MATERIALS OF VARIOUS PURPOSES ON THE BASIS OF MAGMATIC AND SEDIMENTARY ROCKS OF THE REPUBLIC OF BELARUS

***Barantseva S.E., Kuz'menkova A.F., Talkachikova A.A, Klimash Yu.A.,
Hundzilovich M.M., Azaranka I.M.***

**Введение.** В настоящее время решение проблемы расширения минерально-сырьевой базы силикатной промышленности за счет широкого использования полезных ископаемых новых месторождений является первоочередной задачей. Основными критериями оценки природного сырья для получения силикатных материалов являются минеральный и химический состав пород, конечная температура плавления, их способность провариваться при синтезе стекол и кристаллизоваться в процессе термической обработки. Этим критериям в достаточной степени отвечают магматические породы Республики Беларусь, в частности гранитоидные, диабазовые и базальтовые, а также осадочные – глауконитсодержащие пески и алевриты.

Микашевичское месторождение гранитоидных пород, относящееся к кристаллическому фундаменту юга Беларуси, расположенно в Брестской области, разрабатывается РУПП «Гранит», которое на сегодняшний день представляет собой многофункциональный технологический комплекс. Основными минералами гранитоидов являются полевые шпаты, общее содержание всех разновидностей которых достигает 80–85% (альбит, калиевый полевой шпат), кварц, биотит, амфибол.

Присутствуют в небольшом количестве акцессорные минералы – циркон, сфен, магнетит *(Пап, 1988)*.

Месторождение диабазов расположено в пределах Житковичского горста Нагорновского комплекса юга Республики Беларусь. Они состоят из плагиоклаза (лабрадор-андезит), по которому развивается альбит, пренит, эпидот, цоизит, карбонаты; моноклинного пироксена (авгит), замещаемого амфиболом оливина, магнетита и титаномагнетита с вторичным лейкоксеном. В некоторых разновидностях в виде микропегматитовых агрегатов присутствуют кварц и калиевый полевой шпат, цвет в монолите темно-серый или зеленовато-черный *(Пап, 1988)*.

Месторождение базальтов и туфов «Новодворское» Брестской области представлено базальтовыми породами тёмно-серого, чёрного или зеленовато-чёрного цвета. По минералогическому составу они содержат в основном плагиоклазы и клинопироксены, в небольших количествах присутствуют оливин и рудные минералы (магнетит, ильменит), анальцим и вулканическое стекло.

Попутным полезным ископаемым месторождения «Новодворское» являются глауконитсодержащие пески и алевриты (внутренняя вскрыша), представляющие собой глауконит-кварцевые слюдистые алевриты и алевролиты. Содержание минерала глауконита в породах варьирует в пределах 10–25 мас. %, остальные минералы представлены преимущественно кварцем, полевыми шпатами, каолинитом, мусковитом, возможно присутствие сидерита и фосфатов в небольших количествах *(Пап, 1988)*.

Целью настоящей работы является разработка рецептуры сырьевых композиций и технологических параметров получения силикатных материалов строительного назначения (стекловидных, керамических и стеклокристаллических материалов, пористых теплоизоляционных заполнителей), обладающих в зависимости от назначения комплексом требуемых физико-механических и эксплуатационных свойств на основе магматических и осадочных пород Республики Беларусь.

**Результаты и их обсуждение.** На первом этапе исследования проведено изучение физико-химических процессов и фазовых превращений при нагревании экспериментальных пород, которые анализировались на основе интерпретации кривых дифференциально-сканирующей калориметрии (ДСК), полученных с помощью дифференциально-сканирующего калориметра *DSC* 404 *F3 Pegasus* (*NETZSC*H, Германия) в интервале температур 30–1300°С в среде аргона (Ar) (рисунок 1) *(Баранцева, 2020)*.

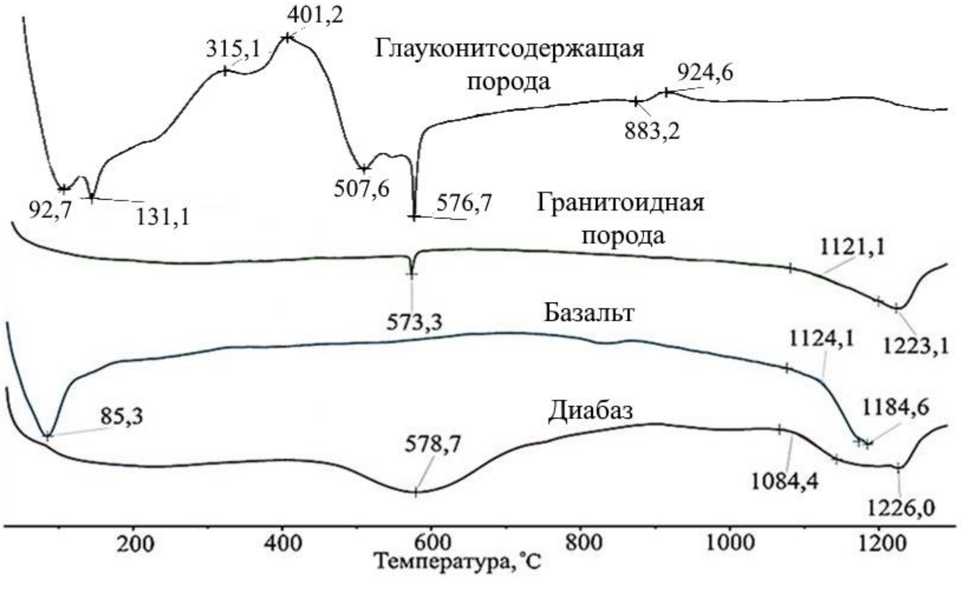


***Рисунок 1**. Кривые ДСК исследуемых пород*

Для проектирования сырьевых композиций силикатных материалов главенствующее значение имеет оксидный химический состав, поскольку при их получении основной технологической стадией является высокотемпературный обжиг, при котором происходят процессы структуро- и фазообразования. Определение элементного химического состава исследуемых пород осуществлялось с помощью сканирующего электронного микроскопа *JSM*-5610 *LV*, оснащенного системой электронно-зондового энергодисперсионного химического анализа *EDX JED*-2201 (*JEOL*, Япония) и программным обеспечением с возможностью автоматической идентификации характеристических максимумов рентгеновского излучения элементов (таблица 1).

**Таблица 1. Усредненный оксидный химический состав используемых пород**

| **Компоненты** | **Массовое содержание оксидов, %** | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **$SiO_2$** | **$Al_2O_3$** | **CaO** | **MgO** | **FeO+ $Fe_2O_3$** | **$K_2O$ + $Na_2O$** | **$TiO_2$** | **$P_2O_5$** | **MnO** | **ппп** |
| **Гранитоиды** | 61,63 | 14,86 | 4,38 | 3,32 | 8,94 | 2,52 | 0,93 | 0,35 | 0,19 | 2,87 |
| **Базальт** | 46,11 | 11,49 | 5,00 | 7,87 | 14,00 | 4,30 | 1,74 | 0,31 | – | 9,18 |
| **Диабаз** | 45,54 | 14,84 | 7,78 | 9,43 | 11,30 | 4,67 | 0,59 | 0,20 | 0,42 | 5,23 |
| **Глауконитсодер-жащая порода** | 71,10 | 7,72 | 1,13 | 1,67 | 8,66 | 2,14 | 0,74 | 0,00 | 0,13 | 6,71 |

Экспериментально определено, что для получения различных силикатных материалов сырьевые композиции должны корректироваться введением компонентов, обеспечивающих необходимые технологические свойства. Так, качественные составы сырьевых композиций для получаемых материалов включали следующие составляющие (таблица 2).

**Таблица 2. Качественный состав сырьевых композиций**

| **Материал** | **Порода** | **Щелочной компонент** | **Доломит** | **Глина** | **SiC** | **$Cr_2O_3$** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Стекло** | + | + | – | – | – | – |
| **Стекло для петроситалла и каменного литья** | + | + | + | – | – | + |
| **Пористый заполнитель** | + | – | – | + | + | – |
| **Керамический кирпич** | + | – | – | + | – | – |
| **Плитка керамическая:** | | | | | | |
| **– для настила полов** | + | – | – | + | – | – |
| **– для внутренней облицовки стен** | + | – | + | + | – | – |

В качестве щелочного компонента использовались кальцинированная сода и полевой шпат при получении стекла и плитки керамической соответственно; карбид кремния служил порообразователем при получении пористого заполнителя; оксид хрома использовался в качестве стимулятора кристаллизации при синтезе стекол для петроситалла и каменного литья *(Баранцева, 2019)*.

Анализ полученных результатов позволил определить основные направления использования исследуемых пород, приведенные на рисунке 2.

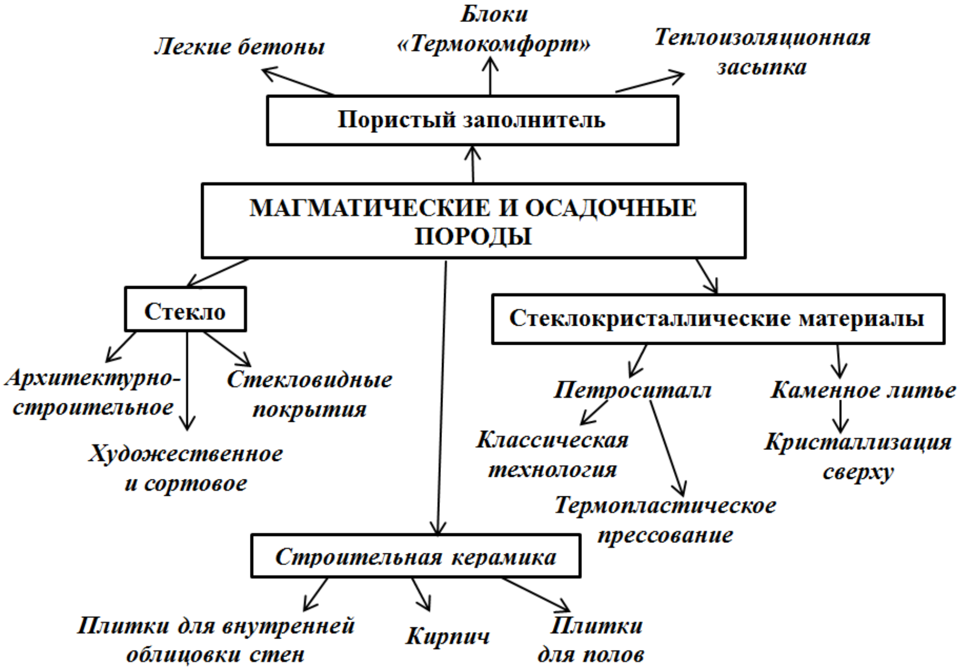

Легкие бетоны
Блоки «Термокомфорт»
Теплоизоляционная засыпка
Пористый заполнитель
МАГМАТИЧЕСКИЕ И ОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ
Стекло
Стеклокристаллические материалы
Архитектурно-строительное
Стекловидные покрытия
Художественное и сортовое
Петроситалл
Каменное литье
Классическая технология
Кристаллизация сверху
Термопластическое прессование
Строительная керамика
Плитки для внутренней облицовки стен
Кирпич
Плитки для полов

***Рисунок 2.*** *Основные направления использования исследуемых пород*

Таким образом, проведенные исследования, включающие теоретические аспекты направленного структуро- и фазообразования, физико-химических процессов и условия термообработки, подтвержденные дифференциально-сканирующей калориметрией и изучением специфики формирования структуры материалов в сочетании с экспериментальным определением основных физико-химических свойств *(Баранцева, 2019, 2020)*, позволили разработать научные основы управления технологическим процессом получения силикатных материалов на основе магматических и осадочных пород Республики Беларусь. Физико-химические свойства полученных материалов соответствовали требованиям нормативно-технической документации, предъявляемым к вышеуказанным изделиям.

**Выводы.** Проведенные исследования технологических свойств исследуемых пород подтвердили их пригодность для использования в качестве основного компонента сырьевых композиций при получении стекол, стеклокристаллических и керамических материалов, а также пористых заполнителей легких бетонов, широко испозуемых в промышленном и гражданском строительстве.

Экспериментально подтверждена возможность и целесообразность использования магматических и осадочных пород Республики Беларусь, которые являются перспективным отечественным сырьем для многоцелевого использования в качестве компонента сырьевой композиции при получении силикатных материалов различного назначения. Использование вышеуказанных пород будет способствовать расширению минерально-сырьевой базы республики, повышению рентабельности отработки разрабатываемых месторождений, утилизации отходов и снижению экологической напряженности в прилегающих регионах.

**Список использованной литературы:**

Баранцева С.Е. и др. [2019] Использование магматических пород Республики Беларусь для синтеза стекол, петроситаллов и каменного литья. / Стекло и керамика, г. Москва. – №7. – С. 31-36.

Баранцева С.Е. и др. [2020] Исследование физико-химических процессов, происходящих при формировании пористой структуры теплоизоляционных материалов на основе гранитоидных пород Беларуси / Труды БГТУ, сер. 2, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. №2. – С. 13-20.
Баранцева С.Е. и др. [2020] Перспективы использования диабазов кристаллического фундамента Беларуси для получения силикатных материалов / Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия химических наук. – Т. 56. № 1. – С. 114-124.
Пап А.М. и др. [1988] Химические анализы горных пород кристаллического фундамента Белоруссии: Справ. / под ред. А.М. Папа. Минск: Наука и техника. – 243 с.

## УМОВИ ТА НАСЛІДКИ ТЕХНОГЕННИХ ГЕОМЕХАНІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГАЗОВИХ ТА ГАЗОКОНДЕНСАТНИХ РОДОВИЩ

***Булат А.Ф., Безручко К.А., Лукінов В.В., Приходченко О.В.***

*Інститут геотехнічної механіки імені М.С. Полякова НАН України, Дніпро,*
*gvrvg@meta.ua, igtmnanu@ukr.net*

***A detailed analysis of the known gas and gas condensate deposits at the Eastern oil-and-gas-bearing region of Ukraine was carried out, in particular, changes in formation pressure of hydrocarbon deposits while in operation were determined, the values of geostatic and effective rock pressures were calculated, the thickness of the gas column and the volume of gas reserves growth were compared. It made it possible to determine the role of geomechanical processes in assisting to produce additional volumes of gas. It has been established that additional volumes of gas are directly proportional to the capacity of the gas-bearingness stage and the total volume of the gas-bearing structure. Multilayer deposits of sandy-aleuritic composition with a large number of productive horizons and without thick persistent reservoir-seal rocks within a single gas-bearingness stage with a hydrodynamic link between productive layers are the most promising from the viewpoint of the researched mechanism (favorable due to the formation of additional reservoirs of technogenic genesis).***

## CONDITIONS AND CONSEQUENCES OF TECHNOGENIC GEOMECHANICAL PROCESSES DURING OPERATION OF GAS AND GAS CONDENSATE DEPOSITS

***Bulat A.F., Bezruchko K.A., Lukinov V.V., Prykhodchenko O.V.***

**Вступ.** Розробка газових і газоконденсатних родовищ та пов’язані з ними зміни пластового тиску, різноманітні види дії на поклад для підтримки тиску та підвищення газо- і конденсатовіддачі, порушують природний напружено-деформований стан надр, створюючи передумови для виникнення негативних – значних і навіть катастрофічних природно-техногенних явищ. На прояв небезпечних геодинамічних процесів, що реалізовуються в руйнівні явища, впливає велика кількість чинників та умов, але в основі цих явищ лежать, серед іншого, геомеханічні процеси. Саме недооцінка впливу геомеханічних процесів призводить до формування умов виникнення незворотніх геодинамічних явищ, що руйнують свердловини, трубопроводи, гірничодобувне устаткування та інженерні споруди. Прогнозування цих подій і зниження масштабів їх наслідків є нагальною проблемою, оскільки їх виникнення чинить вкрай негативний вплив на об'єкти нафтогазового комплексу, природно-технічні системи і довкілля в цілому.

**Аналіз попередніх досліджень, формулювання проблеми, актуальність її вирішення.** Техногенні геомеханічні процеси окрім негативних явищ можуть супроводжуватися позитивним ефектом, коли на пізній стадії експлуатації родовища, внаслідок деформації порідного масиву і зміщення окремих шарів, в процес газодобування долучаються, окрім основного (суперколектора), другорядні колектори. Досвід тривалої розробки багатьох вуглеводневих родовищ в Україні засвідчив значне перевищення обсягів отримуваного газу у порівнянні з підрахованими запасами за даними геологічної розвідки. Зокрема на низці родовищ (Шебелинське, Західно-Хрестищенське, Мелихівське, Розпашнівське, Ведмедівське, Машівське, Кегичевське, Ланнівське) після затвердження запасів отримано їх приріст в загальному обсязі близько 200 млрд. м$^3$ *(Кривуля, 2014)*. В тому числі прирости отримуються фактично на пізній стадії розробки, а видобуток газу на деяких перевищував затверджені в ДКЗ запаси через 30-40 років розробки. На Шебелинському та Західно-Хрестищенському родовищах вилучені обсяги газу в декілька разів перевищують початкові запаси. На інших розглянутих родовищах додаткові обсяги вилученого газу перевищують його початкові запаси від 9,3 до 53,5 %.

Вважається *(Кривуля, 2014)*, що основний обсяг приростів запасів газу та додатковий його видобуток на пізніх стадіях розробки великих родовищ відбувається за рахунок розширення площ газоносності, уточнення підрахункових параметрів. Однак, збільшення запасів газу на пізніх стадіях експлуатації родовищ, на наш погляд, є результатом підключення до газовіддачі великих товщ низько проникних слабогазоносних порід, які не були враховані при попередніх підрахунках запасів газу і які віддають газ по всій площі родовища через контакт з високопроникними пластами по мірі зниження в них тиску. Наведені факти свідчать про нерозкритий потенціал багатьох родовищ і необхідність подальшої дорозвідки з розумінням та відповідним науковим обґрунтуванням чинників процесу залучення до видобутку значних додаткових об'ємів газу.

Попередні та сучасні дослідження головним чином присвячені прогнозуванню або аналізу виникнення, перебігу та наслідків негативного впливу геомеханічних та геодинамічних процесів на геологічне середовище та довкілля. Тому актуальним завданням є з'ясування геологічних умов формування техногенних колекторів та залучення додаткових обсягів газу під дією геомеханічного чинника під час експлуатації газових родовищ.

**Фактичний матеріал та методологія досліджень.** Проведено детальний аналіз відомих газових та газоконденсатних родовищ (ГКР) Східного нафтогазоносного регіону України *(Атлас..., 1999)*, визначені зміни пластових тисків вуглеводневих родовищ в процесі експлуатації, розраховані значення геостатичних та ефективних тисків порід, зіставлені потужності поверхів газоносності, розміри газоносних структур та обсяги приросту запасів газу. В першу чергу були проаналізовані родовища, по яких фактичні запаси під час видобутку значно перевищили розрахункові, виконані в процесі геологічної розвідки. Причому значне зростання запасів зафіксоване на пізніх стадіях відпрацювання зазначених родовищ. Під час аналізу звертає на себе увагу підвищення пластового тиску під час тривалої експлуатації деяких родовищ. З загального числа родовищ, у кількості 76, є дані щодо значень пластового тиску у процесі відпрацювання на 42 родовищах. Із цього числа родовищ на 28 фіксується закономірне зниження тиску, на 10 деякою мірою спостерігається стабілізація, на 3 (Єфремівське, Кегичевське, Ланнівське) – зростання пластового тиску).

**Отримані результати, їх обговорення.** Практично всі досліджені поклади віднесені до типу масивно-пластових, склепінних, тектонічно екранованих, іноді ще й літологічно обмежених, розташовані у приосьовій зоні Дніпровсько-Донецької западини, в межах Машівсько-Шебелинської депресії. Можно припустити, що саме в цій зоні існували найбільші сили розтягу, які сприяли формуванню тріщинної порушеності порід і, як наслідок, покращенню їх фільтраційно-ємнісних властивостей на окремих ділянках родовища та формуванню вздовж всієї товщини продуктивної частини розрізу фільтраційних зв'язків між покладами. Підтвердженням цього факту є високі значення висоти поверху газоносності на родовищах, який змінюється від 954 до 1690 м *(Атлас..., 1999)*, та чіткий газовий режим розробки практично всіх покладів на родовищах.

Таким чином, потужність поверху газоносності родовища, або товщина його газонасиченої товщі, яка складається з сукупності «суперколекторів», низькопористих колекторів та непроникних порід свідчить про потенційну можливість отримання додаткових запасів газу шляхом «підживлення» високопористих або високотріщинуватих колекторів за рахунок «дренажу» газу з низькопористих колекторів по всій величезній площі їх контактів та по тектонічних порушеннях. При такому механізмі приросту запасів газу, чим більш потужним буде поверх газоносності, тим більш вірогідними будуть обсяги залученого до видобутку газу. Але на потенційну можливість отримання додаткових запасів газу на ГКР більш суттєво буде впливати не тільки потужність поверху газоносності, а й об'єм газоносної структури, який визначається у вертикальному вимірі товщиною поверху газоносності, а у горизонтальному – площею структури. Саме цей об'єм вміщує основну частину низькопористих колекторів, і в ньому ж розташовані контакти, по яких газ рухається до «суперколекторів».

Між приростом отриманих запасів газу на досліджених родовищах та потужністю поверхів газоносності і об'ємами газоносних структур встановлено зв'язок, що апроксимується прямопропорційними залежностями з коефіцієнтами детермінації відповідно 0,91 та 0,95.

Слід зазначити, що під впливом гірського тиску порід і пластового тиску газу, внаслідок деформацій порід змінюються фізичні властивості колекторів. Відомості про зміни геостатичного тиску порід та пластових тисків газу на газоконденсатних родовищах приосьової зони ДДЗ наведені в таблиці 1.

**Таблиця 1. Зміни геостатичного тиску порід та пластових тисків газу на газоконденсатних родовищах приосьової зони ДДЗ**

| Газоконденсатне родовище | Максимальна глибина покладів Н, м | Максимальний геостатичний тиск Ргео, Мпа | Початковий тиск газу, Рпл МПа | Мінімальний тиск газу до його стрибка зростання та після Рпл$^1$, МПа |
|---|---|---|---|---|
| **Шебелінське** | 3000 | 67,5 | 23,9 | 3,3/3,5 |
| **Західно-Хрестищенське** | 3874 | 87,2 | 41,5 | 5,2/5,3 |
| **Мелехівське** | 4130 | 92,9 | 41,5 | 13,7/14,0 |
| **Розпашнівське** | 4386 | 98,7 | 46,6 | 5,5$^*$ |
| **Ведмедівське** | 3879 | 87,3 | 41,9 | 10,1/10,3 |
| **Кегічевське** | 3118 | 70,2 | 33,0 | 5,8/7,1-9,4 |
| **Ланнівське** | 4064 | 91,4 | 42,9 | 17,0/18,9 |
| **Машівське** | 4218 | 94,9 | 43,5 | 13,7/15,5 |

**Примітка**: $^*$ останнє значення тиску газу *(Атлас..., 1999)*.

На прикінцевій стадії експлуатації родовища, яка може бути зафіксованою мінімальним значенням тиску газу, до його стрибка зростання, породи-колектори зазнають максимального навантаження від ефективного тиску, який в цей період характеризується максимальними значеннями.

Максимальні встановлені значення ефективного тиску, які зазнають породи-колектори на ГКР Машівсько-Шебелинського газоносного району, змінюються від 40 до 60 МПа. У свердловинах спостерігається збільшення ефективного тиску на момент мінімального тиску газу у колекторі із збільшенням глибини залягання покладів. Стрибок зростання тиску газу в колекторі після його зниження до мінімального значення свідчить про аномальну подію у пласті-колекторі, що може бути пов'язане із його раптовим частковим руйнуванням в деяких місцях. Але руйнування колектору, який на всіх ГКР, що досліджуються відносяться до колекторів порового типу і представлені пісковиками, може відбуватися за умови перевищення геостатичного тиску значення їх межі міцності. Слід враховувати, що стрибок зростання тиску газу в колекторі фіксується у газовидобувній свердловині, а відображати цій факт може руйнування якогось шару колектору у будь якій точці покладу, тому точне визначення властивостей міцності породи, що руйнується не уявляється можливим. В таких випадках, при нестачі вихідних даних, рекомендується використовувати усереднені показники міцності. У роботі *(Яланський та ін., 2014)*, на підставі аналізу численних фактичних даних лабораторних досліджень фізико-механічних властивостей порід, встановлено, що для пісковиків стадії МК$_2$ (газової стадії метаморфізму за вугіллям) середнє значення межі міцності на стиск змінюється від 47 до 70 МПа. Діапазон змінення розрахованих максимальних значень ефективного тиску, які зазнають породи-колектори на ГКР Машівсько-Шебелинського газоносного району, від 40 до 60 МПа тотожний середнім значенням межі міцності на стиск пісковиків-колекторів і не суперечить можливості їх руйнування на момент зниження пластового тиску газу до мінімальних значень. Наслідком такого руйнування може бути розущільнення шарів низькопористих колекторів, які прилягають, або контактують з шарами «суперколекторів», що руйнуються, вивільнення значних об'ємів газу, які збільшують його тиск у пласті-суперколекторі, отримання додаткових запасів газу, які не були підраховані на час проведення геологорозвідувальних робіт.

**Висновки.** На першому етапі експлуатації вуглеводневих родовищ визначальну роль у формуванні стану газонасиченого масиву відіграють геологічні критерії, за якими ведеться підрахунок початкових запасів на стадії геолого-розвідувальних робіт. З часом в процесі експлуатації родовища до геологічних критеріїв долучаються геомеханічні, які сприяють залученню додаткових обсягів газу. При цьому отриманий приріст запасів на деяких родовищах складає до 50% і більше. Встановлено, що додаткові обсяги газу прямопропорційні потужності поверху газоносності та загальному об'єму газоносної структури.

Аналіз зміни пластових тисків під час тривалої експлуатації газових та газоконденсатних родовищ Східного нафтогазоносного регіону України підтверджує сприяння геомеханічних процесів, що відбуваються при видобутку газу, залученню (збільшенню) його додаткових обсягів. На родовищах (Єфремівське, Кегичевське, Ланнівське), на яких зафіксовано збільшення початкових запасів газу, спостерігалося збільшення пластового тиску на пізній стадії їх розробки. Механізм формування техногенних колекторів за рахунок геомеханічного чинника, коли при розущільненні породного масиву долучаються низькопористі низькопроникні колектори, під час тривалого відпрацювання газових та газоконденсатних родовищ підтверджується практичним досвідом експлуатації родовищ, а саме, збільшенням пластового тиску на низці родовищ.

На момент мінімального тиску газу у колекторі зі збільшенням глибини залягання покладів спостерігається підвищення ефективного тиску. Стрибок зростання тиску газу в колекторі після його зниження до мінімального значення свідчить про аномальну подію у пласті-колекторі, що може бути пов’язане із його раптовим частковим руйнуванням в окремих місцях.

Найбільш перспективними з точки зору досліджуваного механізму є багатопластові родовища з великою кількістю продуктивних горизонтів піщано-алеврітового складу та без потужних витриманих флюїдоупорів в межах єдиного поверху газоносності з гідродинамічним зв’язком між продуктивними пластами. На таких родовищах вся, без винятку товща, в межах поверху газоносності, також є газонасиченою, але газоносними на початок видобутку та перших стадіях експлуатації є лише високопроникні колектори.

**Список використаних джерел:**

Кривуля С.В. [2014] Критерії дорозвідки великих родовищ вуглеводнів у нижньопермсько-верхньокам’яновугільних відкладах Дніпровсько-Донецької западини.– Харків: ТО Ексклюзив – 174 с.

Атлас родовищ нафти і газу України. Т. 3: Східний нафтогазоносний регіон. [1999] – Львів: Українська нафтогазова академія – 1424 с.

Яланський А.О. и др. [2014] Обгрунтування вихідних параметрів для моделювання геомеханічних процесів в задачах оцінки безпеки підтримання гірничих виробок /А.О. Яланський І.А., Сапунова А.І., Слащов Л.А., Новіков // Геотехнічна механіка. – № 119.– С. 282 – 295.

## ДО ПИТАННЯ КОМПЛЕКСНОГО ВИКОРИСТАННЯ МІНЕРАЛЬНОЇ СИРОВИНИ РОДОВИЩ УКРАЇНИ

***Губіна В.Г., Яценко В.Г., Заборовська Л.П., Заборовський В.С.***

*Державна установа "Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України"*
*Київ, vgyatsenko@gmail.com*

***On the example of three types of minerals (iron, manganese, graphite), which are developed by the operating mining and processing enterprises of Ukraine, the basics of the integrated development of their deposits are shown. They include: the selective mining and storage of mineral raw materials, the further development of technologies for concentrate enrichment and the production of new types of products, improvement of the state legislative framework to stimulate the owners of enterprises to rational use of mineral resources.***

## ON THE ISSUE OF MINERAL RESOURCES INTEGRATED USE OF MINERAL DEPOSITS OF UKRAINE

***Gubina V.G., Yatsenko V.G., Zaborovska L.P., Zaborovsky V.S.***

**Вступ. Проблема і актуальність її вирішення.** Видобуток мінеральної сировини відкритим способом супроводжується утворенням значної кількості відходів гірничого виробництва (розкривні і вмісні породи), які складуються на земній поверхні і займають величезні території орних земель. Встановлене, що на 1 млн. т гірських порід при відкритій розробці вилучається із господарського обороту 100 га площі.

На сучасному етапі, в умовах величезних обсягів видобування і споживання мінеральних ресурсів, проблема комплексного освоєння надр і раціонального використання мінеральної сировини набуває все більшої актуальності. Формування ефективної системи надрокористування на основі комплексного освоєння і використання всій сукупності ресурсів надр, застосування маловідходних ресурсозберігаючих технологій, екологізації виробництва і забезпечення конкурентноспроможністі продукції мінерально-сировинного комплексу є складною науково-практичною задачею, яка охоплює глибоке вивчення мінерального і хімічного складу мінеральної сировини, технологій її видобутку з надр і вдосконалення технологій збагачення *(Промислові..., 2011)*. Оптимальне використання мінеральних ресурсів передбачає вимогу комплексності використання мінеральної сировини. Окрім вилучення з сировини усіх промислово цінних компонентів, комплексне її використання вимагає утилізації агрегатно-мінералогічної основи руд, тобто вміщуючих і розкривних порід, а також залишкових продуктів, утворених при збагаченні та переробці сировини – гірничопромислових відходів.

Проблемою гірничого виробництва в Україні є те, що на більшості родовищ корисних копалин, які розробляються гірничо-збагачувальними комбінатами (ГЗК), запаси були підраховані лише на один – два компоненти або різновиди мінеральної сировини, тоді як родовища характеризуються зазвичай складною геологічною будовою, пов’язаною з багатостадійною історією формування і як наслідок в складі родовищ маються інші корисні копалини, мінеральні різновиди, які нині спрямовуються у змішані відвали, втрачаючи при цьому свої споживчі властивості. До того ж, при збагаченні корисних копалин, з відходами втрачається частина основного компоненту, на який ведеться розробка. Так, наприклад, при видобутку кожної тони марганцевої руди відкритим способом в Нікопольському басейні з надр добувається 15-25 м$^3$ розкривних порід. Щорічно при розробці родовищ виймається більше 100 млн. т розкривних порід. В Криворізькому басейні, останнім часом на 5 гірничо-збагачувальних комбінатах щорічно видобувається 85 млн. т мінеральної маси, 76 млн. т з яких складуються у змішаних відвалах.

**Фактичний матеріал і обговорення результатів.** На протязі останніх років вітчизняними науковцями проведені широкі дослідження мінерального складу, технологічних властивостей різних видів супутніх корисних копалин на родовищах, що розробляються ГЗК. На прикладі родовищ заліза, марганцю і графіту України, які розробляються великими кар’єрами, наведемо перелік передумов комплексного використання мінеральної сировини родовищ корисних копалин.

***Родовища заліза.*** В таблиці 1 наведено ресурсний потенціал супутніх корисних копалин залізорудних родовищ Кривбасу. Таблицю складено на підставі літературних джерел щодо геолого-мінералогічних засад будови родовищ, досліджень, проведених в інституті Механобрчормет, Криворізькому національному університеті, інших установах з приводу розробки в лабораторних умовах технологій отримання концентратів нерудної мінеральної сировини.

**Таблиця 1. Ресурсний потенціал супутніх корисних копалин залізорудних родовищ Кривбасу**

|  | Продукція |  | Застосування | Прогнозні ресурси, млрд. т |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Тальковий концентрат | Тальковмісні сланці | Промисловий тальк | 6,0 |
| 2 | Мусковітовий концентрат, моно мінеральний кварц | Мусковіт-біотитові сланці |  | 2,5-3 |
| 3 | Гранатовий концентрат | Гранатовмісні сланці | Легкий абразив | 1,0-1,5 |
| 4 | Керамзит, сланцепорит | Хлоритові сланці | Виробництво керамзиту, сланцепориту | 1,5-2,0 |
| 5 | Піроксеновий концентрат | Піроксенітові породи |  | 0,5-0,7 |
| 6 | Облицювавльна плитка | Мармур | Будівельна галузь | 3,0-5,0 |
| 7 | Виробне й колекційне каміння (щітки кварцу, аметисту, кристали гранату, яшмо іди тощо) | Різні кристалічні породи | Гемологічна сировина | - |
| 8 | Залізистий концентрат | Гематитові (окислені) кварцити | Металургія | 4,0 |
| 9 | Мінеральні пігменти (вохра, сурик, селадоніт, рибекит тощо) | Кора окиснення кристалічних порід | Промисловість, художні промисли | 0,8-1,0 |
| 10 | Кераміка, фаянс | каоліни |  | 0,1 |
| 11 | Глиняна цегла, кераміка | Глини, суглінки | Будівельна галузь | 3,0-4,0 |
| 12 | Пісок | Пісок | -//- | 0,15-0,2 |
| 13 | Вапняки |  | Металургія, будівельна галузь | 0,3-0,4 |

Важливою умовою збереження природних фізико-хімічних властивостей мінеральної сировини є селективне добування і роздільне складування визначених корисних копалин.

***Родовища марганцю.*** Вітчизняними дослідниками доведено, що майже всі поклади надрудної товщі Нікопольського марганцеворудного басейну, наведені в таблиці 2, можуть бути застосовані у виробництві будівельних матеріалів і в якості сорбентів.

**Таблиця 2. Поклади надрудної товщі Нікопольського басейну, перспективні для супутнього видобутку )**

| | Породи | Потужність, м | Застосування |
|---|---|---|---|
| 1 | Лесовидні суглинки і леси антропоген | до 30 | Виробництво цегли, черепиці |
| 2 | Глини червоно-бурі антропоген | до 14 | Виробництво цегли, черепиці |
| 3 | Піски плейстоцен | до 15 | Виготовлення укладально-штукатурних розчинів, кольорового скла,в якості пісної домішки у цегельному виробництві |
| 4 | Глини червоно-бурі (пліоцен) | до 3,5 | Виготовлення бурових розчинів, керамзитового гравію, використання у харчовій промисловості для відбілювання жирів, в якості домішки при виробництві портландцементу |
| 5 | Глинисті вапняки (пліоцен) | до 2 | Виробництво портландцементу |
| 6 | Глини коричнево-сірі (понт) | до 3,5 м | Виготовлення бурових розчинів, використання в якості домішки при виробництві портландцементу, використання у харчовій промисловості для відбілювання жирів |
| 7 | Глини чорні (сармат) | до 2,2 | Виробництво керамзиту, в якості сорбенту для поглинання важких металів |
| 8 | Вапняки-черепашки (сармат-понт) | 6-8 | Виробництво будівельних блоків,портландцементу, повітряно-сухої суміші |
| 9 | Піски і гравій (нижній сармат) | до 8 | Виробництво бетону, штукатурних розчинів, кольорового скла, як пісна домішка у цегельному виробництві, для формування виробів з чавуну і кольорових металів. |
| 10 | Глини (чокрак) | до 2,5 | Виготовлення бурових розчинів, керамзитового гравію, використання у харчовій промисловості для відбілювання жирів, в якості домішки при виробництві портландцементу |
| 11 | Глини яблунево-зелені (олігоцен) | 2-8 | Керамзитовий гравій марок «500» і «700», використання в якості сорбенту для очищення жирів у харчовій промисловості |
| 12 | Пісок глауконіт-кварцовий (олігоцен) | 1,0-1,5 | Задля отримання калійних добрив, виготовлення фарби, використання для пом’якшення води |

***Родовища графіту.*** Одною з найважливіших складових раціональної розробки єдиного, що розробляється в Україні – Завалліського родовища графіту, є комплексне використання його сировини *(Yatsenko et al., 2020).*

Нині на Завалівському родовищі, окрім власне графіту, видобувається бутове каміння, яке представлено карбонатно-силікатними (кальцифіри, скарноїди, доломітизовані породи) і силікатними (чарнокити, мігматити, гнейси, кварцити) породами, що залягають у вигляді порівняно крупних масивів (чарнокити, кальцифіри) або пластоподібних тіл переважно субширотного простягання та крутого, близького до вертикального, падіння, що перешаровуються з рудними тілами (гнейси, кварцити та інші).

Значні перспективи має гранатова сировина Заваллівського родовища, де в продуктивній товщі разом з біотит-графітовими гнейсами мають широке розповсюдження біотит-гранатові гнейси, які вивчено і оцінено з точки зору отримання з них абразивного гранату. Гранат-біотитові гнейси розвинуті в рудній зоні у вигляді смуг линз протяжністю до 1 км., потужністю від 1-2 до 100 км, іноді складної конфігурації. Гранат представлено, головним чином, альмандином розміром 0,1-1,0 мм у вигляді зерен, скупчень зерен. Масова частка гранату в руді коливається від 6 до 300 кг/т, при середньому значенні 167 кг/т. Загальні запаси абразивного гранату у родовищі становлять 3,4 млн.т.

Основну частину розкривних порід родовища складають глинисті породи, представлені неогеновими глинами і четвертинними суглинками. Результати дослідження технологічних властивостей глинистих порід Заваллівського родовища графіту свідчать про високу якість продукції з цієї сировини і її низьку, з урахуванням супутністі видобутку глинистих порід до видобутку графітової руди, вартість. Суглинки можуть служити сировиною для виробництва цегли і керамзиту, глиняну сировину можливо використовувати для виробництва, в тому числі для реконструкції гідротехнічних споруд і дорожнього будівництва. Загальний обсяг суглинків становить понад 2,0 млн м$^3$.

На Заваллівському родовищі графіту піски у вигляді лінз потужністю 1-10 м поширені серед порід балтської світи неогену і четвертинних покладів. Крім того, значну кількість піщаної маси (більш 10 млн т.) зосереджено у техногенних відходах флотаційної переробки графітової руди. Піски дрібнозернисті, з великою домішкою глинистого матеріалу. Їх можна використовувати при будівництві доріг; як баластний матеріал при ландшафтних і планувальних роботах; як дрібний заповнювач бетону, виробництві сілікатної цегли, каменю пресованого і т.п.

В межах Заваллівського графітового кар'єра, в корі вивітрювання, встановлені ділянки розвитку глинисто-гідрослюдистих, кременисто-селадонітових порід сіро-зеленого, зеленого кольору, а також вохристо-червоних продуктів вивітрювання залізистих кварцитів. Попередні лабораторні дослідження показали задовільні якісні характеристики цих натуральних пігментів. Їхнє використання можливе при селективному вилученні, спеціальному роздільному зберіганні і розробці технології збагачення і підготовки до подальшого застосування.

На Заваллівському родовищі широко проявлені епігенетичні низькотемпературні процеси – хлоритизація, каолінізація (аргілізація), опалізація, окремніння і силіфікація, піритизація, лімонітизація. В результаті на локальних ділянках інтенсивної гідротермальної переробки і вивітрювання гнейсів, скарноїдів і кальцифірів сформувався своєрідний комплекс порід і мінералів, що представляє інтерес як сировина для виготовлення ювелірних виробів, так і як цінний колекційний мінералогічний матеріал. Головним чином, це прояви високодекоративних яшм і агатів. Також в кар'єрі родовища зустрічаються жили унікального, рідкісного у світі мінералу граутиту. Крім того, мінералогічний інтерес представляє присутність бариту, горсейкситу, піриту, галеніту, скупчень крупнозернистого графіту, та ін. Збирання і реалізація їх зразків як колекційного матеріалу, організація мінералогічних екскурсій може мати певний економічний ефект.

**Висновки.** На прикладі трьох видів корисних копалин (заліза, марганцю, графіту), що розробляються діючими ГЗК України, показано шляхи комплексного засвоєння їх родовищ. Для оптимізації процесу комплексного використання мінеральної сировини доцільно: (1) селективне видобування і складування у відокремлених складах (відвалах) мінеральних різновидів порід; (2) подальше вдосконалення в напівпромислових і промислових умовах технологій отримання концентратів або інших видів продукції із вміщуючих і розкривних порід; (3) надання ліцензії на видобуток і переробку руд здійснювати за умови включення вимог на комплексність використання надр; (4) заохочення з боку держави власників підприємств до раціонального використання надр та відходів промислового виробництва, шляхом фіскального та податкового стимулювання і сприянням виділенню останнім додаткових площ для селективного складування розкривних і вміщуючих порід; (5) активізація ініціатив щодо введення в законодавство зазначених пільг.

**Список використаних джерел:**

Промислові відходи України / Тарасова Т., Губіна В., Квашук Л. та ін. [2011] // Київ: ЛОГОС. – 200 с.

Yatsenko V.G., Zaborovska L.P., Zemskov G.O., Lyzhachenko N.M., Nikolaevskiy V.P. [2020] Rational using of raw materials during exploitation of the Zavalievsky graphite deposite // Геохімія техногенезу/ – Вип. 3(31). – С. 5-15.

---

## ЛІТІЄНОСНІСТЬ ЯМПІЛЬСЬКИХ ПОРІД ПОДІЛЬСЬКОГО ПРИДНІСТРОВ'Я

***Жовинський Е.Я., Крюченко Н.О.***

*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка НАН України, Київ, zhovinsky@ukr.net, nataliya.kryuchenko@gmail.com*

***The authors analyzed the fluorite-bearing zone of the Podolsk metallogenic province of the Ukrainian Shield – the presence of ore occurrence of fluorite and other accompanying elements (Cu, Zn, Pb, Li and others) in the sandstones of the terrigenous-continental formation of the Vendian (Yampol and Olchedaev layers). It is noted that the lithium is associated with the clayey material of fluorite-bearing sandstones and is included in hydromica and chlorite with an insignificant admixture of kaolinite. It was revealed that most often lithium mineralization is confined to the thin-layer fine-grained feldspar-quartz Yampol sandstone 10-15 m thick (Li 0.02-0.16%). Ore occurrences and mineral finds of fluorite in the Yampol sandstones with an increased lithium content have been identified. It has been established that the most promising for integrated development (fluorite and lithium) are ore occurrences of fluorite in the Yampol sandstones with estimated predicted resources – Skazin and Grabarov.***

## LITHIUM CONTENT IN THE YAMPOL'SKY ROCKS OF PODOL'SK TRANSNISTRIA

***Zhovinsky E.Ya., Kryuchenko N.O.***

**Вступ.** Останніми роками попит на літій почав зростати завдяки бурхливому виробництву електрокарів, що знижують забруднення повітря і викиди парникових газів. Для розвитку галузі еклектромобілів з літій-іонними акумуляторами необхідно збільшення видобутку літію. Крім того, літій-іонні батареї використовують у планшетах, цифрових фотоапаратах, відеокамерах, електроінструментах, електрокарах і інших сучасних гаджетах. Тому розвиток мінерально-сировинної бази літію є перспективним напрямом.

В Україні підраховано запаси літію на двох родовищах – Полохівському (Кіровоградська обл.) та Шевченківському (Донецька обл.), а також на ділянці «Добра»

(Кіровоградська обл.). В межах Українського щита відомі прояви сподуменвміщуючих пегматитів, літієносних гранітів і грейзенів, які не оцінювалися. Більшість родовищ літію виявлено в пегматитах – багаті руди містять 1,3-2 % $Li_2O$, бідними вважаються пегматити, що містять 0,6-1 % $Li_2O$.

Подільська металогенічна провінція (Придністров'я) являє собою область поступового занурення докембрійського кристалічного фунламенту на глибину до 3км. Особливістю є наявність флюориту та інших супутніх елементів (Cu, Zn, Pb, Li та інші) у теригенно-континентальній формації венду.

**Аналіз попередніх досліджень, формулювання проблеми, актуальність її вирішення.** Вивчення флюориту та інших проявів Подільської зони почалися з 1963 року *(Віноградов, 1963)* металоносність і фтороносність рифейських-ніжньопалеозойських структур було описано у 1965 році *(Жовинський, 1965)*. У наступні роки, в результаті проведення геологічних робіт в Подільській зоні і пошуково-розвідувальних робіт на Бахтинському родовищі, отримано багато нових даних, що підтверджують гідротермальну гіпотезу утворення флюоритового зруденіння *(Новосельцев та ін., 1990*).

Відомості по мінералізації літію у Придністров'ї недостатні, він виявляється як супутній елемент до корисних копалин. На деяких площах встановлені лише точки мінералізації літію. Тільки при проведенні аналітичних, пошукових та геологорозвідувальних робіт можливо виявити перспективні площі розповсюдження в породах літію. В разі необхідності нарощування мінерально-сировинної бази літію в Україні питання літієносності порід є актуальним.

**Фактичний матеріал та методи досліджень.** Автори дослідили вміст мікроелементів (F, Li, Cu, Pb, Zn) в пісковиках теригенно-континентальної формації венду (ямпільські та ольчедаївські верстви) та проаналізували фактичний матеріал попередніх досліджень території Придністров'я *(Жовинський, Крюченко, 2020)*. Зразки для досліджень були відібрані з керну свердловин та відслоненнях в період польових робіт 2015-2018 років. Мікроелементний склад пісковиків визначено за допомогою аналізу ICP-MS в Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України.

**Отримані результати, їх обговорення.** Пластоподобні рудні тіла потужністю біля 1 м залягають на глибині 40–120 м *(Гурський та ін., 2006; Жовинский, 1970).* Руди є середньо-крупнозернистим кварц-польовошпатовим пісковиком, щільно зцементованим тонкозернистим флюоритом. Прожилкове зруденіння зафіксовано у породах фундаменту, ольчедаївських, ломозівських і ямпільських верствах.

Виконані дослідження дозволили виявити підвищений вміст літію в ямпільських верствах (до 0,16%), однак найбільш значні приурочені до тонкошаруватих дрібнозернистих польовошпатово-кварцових пісковиків, для яких характерна шарувата текстура – перемежування піскуватих та глинистих шарів (рис. 1).

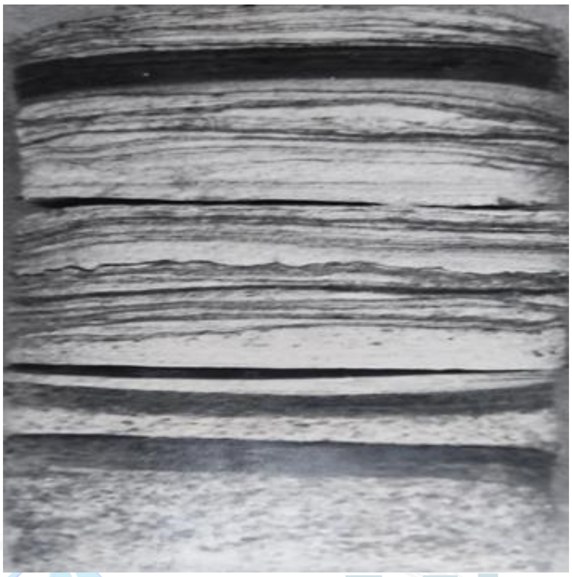


***Рисунок 1****. Ямпільські пісковики, керн: шарувата текстура – перемежування піскуватих (світле) та глинистих (темне) шарів (гл. 176м) (с. Сказинці)*

Ямпільські верстви представлені пісковиками, що створюють тип нерозчленованого розрізу трьох нижніх верств могилівської світи, в якому вичленування ломозівських верств можливе тільки умовно у випадку присутності в середній частині розрізу міліметрових пропластків слюдистих аргілітів в піщаних відкладах. Загальна потужність піщаних порід у таких розрізах досягає 52,5м.

Літій на території досліджень пов'язаний з глинистим матеріалом флюоритоносних пісковиків. Він входить до гідрослюди та хлориту з незначною домішкою каолініту. Літієве зруденіння приурочено до польовошпато-кварцових ямпільських пісковиків потужністю 10-15 м, де за даними спектрохімічного аналізу (полум'яна фотометрія) вміст літію 0,15-0,16% ($Li_2O$ 0,32-0,34%) відповідно на потужність 2,9 і 3,7м (*Віноградов, 1963;. (Жовинський, 1965; Новосельцев та ін., 1990).*

На першому етапі робіт нами виокремлено 9 рудопроявів флюориту та 8 мінеральних знахідок в ямпільських пісковиках з наявністю літію (таблиця 1).

**Таблиця 1. Характеристика рудопроявів флюориту у ямпільських пісковиках з вмістом літію 0,02-0,16%**

| Назва рудопрояву флюориту | Умови залягання (вміщуючі породи), прогнозні параметри | Мінеральний склад |
|---|---|---|
| Сказинський | Горизонтальні поклади (yum) незначної площі, потужність – 3,5м, по простяганню – 150 м | Флюорит до 19%, кварц, кальцит, галеніт, халькопірит, сфалерит (Cu 0,14%, Zn 0,3%, Pb 0,1%)<br>$P_1$ 43,7 млн т ($CaF_2$ 16,6%) |
| Грабарівський | Горизонтальні поклади (yum), глибина залягання – 46-110м, середня потужність – 1 м. Прогнозна площа 600 000 м2 | Флюорит 18%, кварц, кальцит, Au 0,05г/т<br>$P_1$ 270 тис. т ($CaF_2$ 18%) |
| Слобода-Малієвецький | Горизонтальні поклади (yum) незначчної площі, флюорит у січних прожилках (від 2 мм до 5-10 см), потужністю – до 0,1 . | Флюорит 10%, кальцит, кварц, залькопірит, галеніт (Cu –0,14%, Zn 1%, Pb 3,1%) |
| Винограднівський | Горизонтальні поклади (yum) незначної площі, потужністю – | Флюорит до 11 %, кварц, кальцит (Cu 0,1%, Li 0,02- |

| | | |
|---|---|---|
| | до 0,3 м | 0,16%, Cs 0,003%, Rb 0,01%, Ag 5 г/т, Au 0,1 г/т) |
| Дружба | Те ж саме | Флюорит до 20%, кварц, кальцит, галеніт, сфалерит (Zn 0,07%, Pb 0,03%) |
| Рівненський | Те ж саме | Флюорит 25-30%, кварц, кальцит, галеніт, сфалерит (Zn 0,3 %, Pb 0,1%) |
| Михалківський | Те ж саме | Флюорит до 10%, кварц, кальцит, галеніт, сфалерит (Zn 0,3 %, Pb 0,1%) |
| Жеребилівський | Те ж саме | Флюорит – 15% , кварц, кальцит , галеніт, сфалерит (Zn 0,07%, Pb 0,03%) |
| Липчанський | Те ж саме | Флюорит 25-30%, кварц, кальцит, галеніт, сфалерит (Zn 0,07%, Pb 0,03%) |
| Майдан-Морозівський | Мінеральна знахідка у пісковиках (yum) | Флюорит 1 %, кварц, кальцит |
| Дорошивський | Те ж саме | Флюорит 0,28- 0,30 % , кварц, кальцит |
| Миронівський | Те ж саме | Флюорит 0,52 %, кварц, кальцит |
| Цекінівський | Те ж саме | Флюорит 0,3 %, кварц, кальцит |
| Великкі Косниці 1 | Те ж саме | Флюорит 0,3 %, кварц, кальцит |
| Великі Косниці 2 | Те ж саме | Флюорит 0,9 %, кварц, кальцит |
| Великі Косниці 3 | Те ж саме | Флюорит 0,9 %, кварц, кальцит |
| Слободзея-Воронківський | Те ж саме | Флюорит 0,7 %, кварц, кальцит |

**Примітка.** yum – ямпільські пісковики

Найбільш перспективними для комплексної розробки (флюорит та літій) є рудопрояви Сказинський та Грабарівський, де визначено прогнозні ресурси категорії $P_1$. Флюорит відмічено у відслоненнях, що представлені зруденілими середньозернистими кварц-польовошпатовими пісковиками ямпільскої товщі.

Рудопрояв Сказинський – у відслоненні рудне тіло має потужність 3,5 м при вмісті флюориту – 19 %, $P_1$ – 437 тис.т ($CaF_2$–16,6%). По простяганню рудне тіло простежується на 150 м і приурочене до зони тріщинуватості порід. У пісковиках виявлено одиночні тонкі кальцитові прожилки з галенітом.

Рудопрояв Грабарівський – прояви флюориту зустрінуто в долині річки Караєць, на вододільній частині і схилі борту долини річки. Зруденіння локалізовано в ямпільських і в ольчедаївских пісковиках, вміст флюориту – до 18%. Глибина залягання флюоритових проявів у долині річки – 46 м, на вододільній частині та борту долини річки – 110 м. Середня потужність зруденіння – 1 м, перекриваючих порід 100 м, прогнозна площа зруденіння 600 тис. м$^2$. Прогнозні запаси некондиційних флюоритових руд – 1,5 млн т руди, $P_1$ –270 тис. т ($CaF_2$ –18%).

Але необхідно відмітити, що у рудопроявах флюориту в ольчедаєвських верствах також виявлено літій. Так, в Новоушицькому рудопрояві флюориту ($CaF_2$ – 9-10%), вміст літію становить 0,02-0,16%, у Ставчанському рудопрояві ($CaF_2$ – 4-11%) – вміст літію 0,15-0,16%.

**Висновки.** Виявлено, що літій пов'язаний з глинистим матеріалом флюоритоносних пісковиків теригенно-континентальної формації венду (ямпільські та ольчедаївські верстви) і входить до гідрослюди та хлориту з незначною домішкою каолініту. Найчастіше літієве зруденіння приурочено до тонкошаруватих дрібнозернистих польовошпато-кварцових ямпільських пісковиків потужністю 10-15 м (Li 0,02-0,16%). Виокремлено рудопрояви ті мінеральні знахідки флюориту в ямпільських пісковиках з підвищеним вмістом літію. Встановлено, що найбільш перспективними для комплексної розробки (флюорит та літій) є рудопрояви флюориту у ямпільських пісковиках з підрахованими прогнозними ресурсами – Сказинський та Грабарівський.

**Список використаних джерел:**

Виноградов Г. Г. и др. [1963] Комплексная геологическая карта листа М–35–XXXV (Ямполь). Объяснительная записка. Киев: Геоинформ. – 250с.

Жовинський Е.Я., Крюченко Н.О. [2020] Подільська флюоритоносна зона (Середнє Придністров'я). – Київ: ФОП Кравченко. – 213с.

Жовинский Э.Я. [1970] Геохимия фтора в осадочных формациях юго-запада Восточно-Европейской платформы. – Киев: Наукова думка. – 200 с.

Жовинский Э.Я. [1965] Флюориты Приднестровья и их генезис // Геологический журнал. – №4. – С. 76–79.

Металічні корисні копалини / під ред. Гурський Д.С., Єсипчук К.Ю., Калінін В.І. та ін. [2006] – Київ-Львів: Центр Європи. – 785с.

Новосельцев Ю.А. и др. [1991] Поисково-оценочные работы на Бахтынском месторождении плавикового шпата, 1987–1990 гг. Киев: Геоинформ. – 522с.

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ РОЗПОДІЛУ КОБАЛЬТУ У ВУГІЛЬНОМУ ПЛАСТІ К5 ПОЛЯ ВП «ШАХТА «КАПІТАЛЬНА»»

***Ішков В.В[1]., Козій Є.С.[1], Стрєльник Ю.В.[2]***

*[1] Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»,*
*Дніпро, ishwishw37@gmail.com, koziy.es@gmail.com*
*[2] ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»,*
*Покровськ, yuliia.strielnyk@donntu.edu.ua*

***The spatial distribution of cobalt in the $k_5$ coal seam within the mine field of Kapitalna mine field, variations of its concentrations and the nature of variability are analyzed. Cobalt distribution maps have been constructed, the analysis of which testifies about its predominant sedimentation from underwater river outflow on complex geochemical barriers (physicochemical and mechanical) and provides a long-term concentrations forecast of this element in the extracted rock mass.***

## RESEARCH RESULTS OF COBALT DISTRIBUTION IN COAL SEAM K5 OF "KAPITALNA" MINE FIELD

*Ishkov V.V., Kozii Ye.S., Strelnyk Yu.V.*

**Вступ.** Прогнозування вмісту кобальту та інших токсичних та потенційно токсичних елементів у вугіллі діючих шахт та його просторового розповсюдження є однією з першочергових етапів вирішення геолого-екологічних проблем сталого розвитку України, пов'язаних з видобутком, переробкою і використанням вугілля при мінімальних затратах. Згідно діючих нормативних документів *(під редакцією Клера, 1982)* кобальт відноситься до потенційно токсичних елементів, тому було вирішено дослідити його розповсюдження у вугільному пласті $k_5$ в межах шахтного поля ВП «Шахта Капітальна», одного з найбільшого вуглевидобувного підприємства України.

**Аналіз попередніх досліджень, формулювання проблеми, актуальність її вирішення.** Постійне збільшення вимог до моніторингу та охорони навколишнього середовища, зокрема у вуглевидобувних регіонах України, де локалізована значна кількість промислових об'єктів, обумовлює потребу в нових науково обґрунтованих методах прогнозування вмісту токсичних і потенційно токсичних елементів у гірничій масі, що видобувається на шахтах та у відходах вуглевидобутку й вуглезбагачення. Попередні роботи, щодо досліджень просторового розповсюдження токсичних та потенційно токсичних елементів, в тому числі і кобальту охопили окремі райони Донбасу (*Козій, Ішков, 2017; Ішков, Козій, 2019; Kozar, Ishkov et al., 2020*). Але до теперішнього часу розподіл кобальту у вугільному пласті $k_5$ поля шахти ВП «Шахта Капітальна» не розглядався.

**Фактичний матеріал та методологія досліджень.** В роботі з використанням системного підходу був застосований комплекс методів досліджень, який включав: збір, аналіз і узагальнення матеріалів геологічної зйомки та розвідки шахтних полів і геохімічних досліджень вугільних пластів Красноармійського геолого-промислового району; створення електронної бази геохімічного опробування вугільних пластів з використанням даних опису кернів свердловин та геологічної документації гірничих виробок; відбір проб з вугільного пласту для їх подальшого хімічного аналізу у сертифікованих лабораторіях здійснювався за допомогою співробітників голого-маркшейдерської служби вуглевидобувного підприємства; при вивченні відібраних проб та аналізу геохімічної інформації був застосований комплекс мінералого-петрографічних, картографічних та статистичних методів.

**Отримані результати, їх обговорення.** Вміст кобальту (рис. 1 *a*) змінюється по шахтному полю в інтервалі значень від 13 г/т до 21 г/т. Карта ізоконцентрат нормованих концентрацій кобальту представлена чотирма зонами підвищеного вмісту. Найбільше значення пов'язане із свердловиною №1859 на півдні ділянки із концентрацією кобальту 21 г/т. На схід від неї в південно-східній частині шахтного поля знаходиться свердловина №3414 із значенням 19 г/т. На схід вид вищенаведених свердловин, в центральній частині ділянки розташована свердловина №3415 із вмістом кобальту 20 г/т. В північно-західній частині шахтного поля локалізована четверта зона підвищеного вмісту кобальту, яка сформована свердловиною №2891 із значенням 19 г/т.

На карті регіональної складової вмісту кобальту (рис. 1 *b*), спостерігається збільшення його концентрації в північно-східному напрямку.

На карті зміни локальної складової нормованого вмісту Co у вугільному пласті $k_5$ (рис. 1*c*) спостерігаються три субпаралельно розташовані діагональних зони підвищених значень локальної складової нормованих концентрацій Co. Вони простягаються в загальному напрямку з північного сходу на південний захід через всю площу шахтного поля. Перша зона встановлюється за даними свердловин № 3414 і №

3030, друга зона включає територію розташування свердловин № 1859 № 3438 і № 3415, третя зона охоплює площу розташування свердловин № 232, № 2952, № 2877, № 2776 та № 2891.

На карті градієнту нормованого вмісту Co у вугільному пласті $k_5$ поля ВП «Шахта «Капітальна» (рис. 1 *d*) добре простежуються дві смуги максимальних градієнтів вмісту Co. Перша з них включає територію розташування свердловин № 3030, № 3031, № 3706, № 1859, № 3702, № 3444, № 1855, № 2222, № 232. Друга смуга охоплює площу розташування свердловин № 3416, № 3414, № 3413, № 3415, № 3700, № 2770, № 2891, № 2878.

Лінійне рівняння регресії, що характеризує зв'язок між нормованими вмістами кобальту і зольності у вугільному пласті $k_5$: $Co = 0.2066+0.839 \times A^d$. Коефіцієнт кореляції між значеннями вмісту кобальту і зольності у вугільному пласті $k_5$ поля ВП «Шахта «Капітальна» дорівнює 0,7, що вказує на наявність сильного прямого кореляційного зв'язку між цими параметрами.

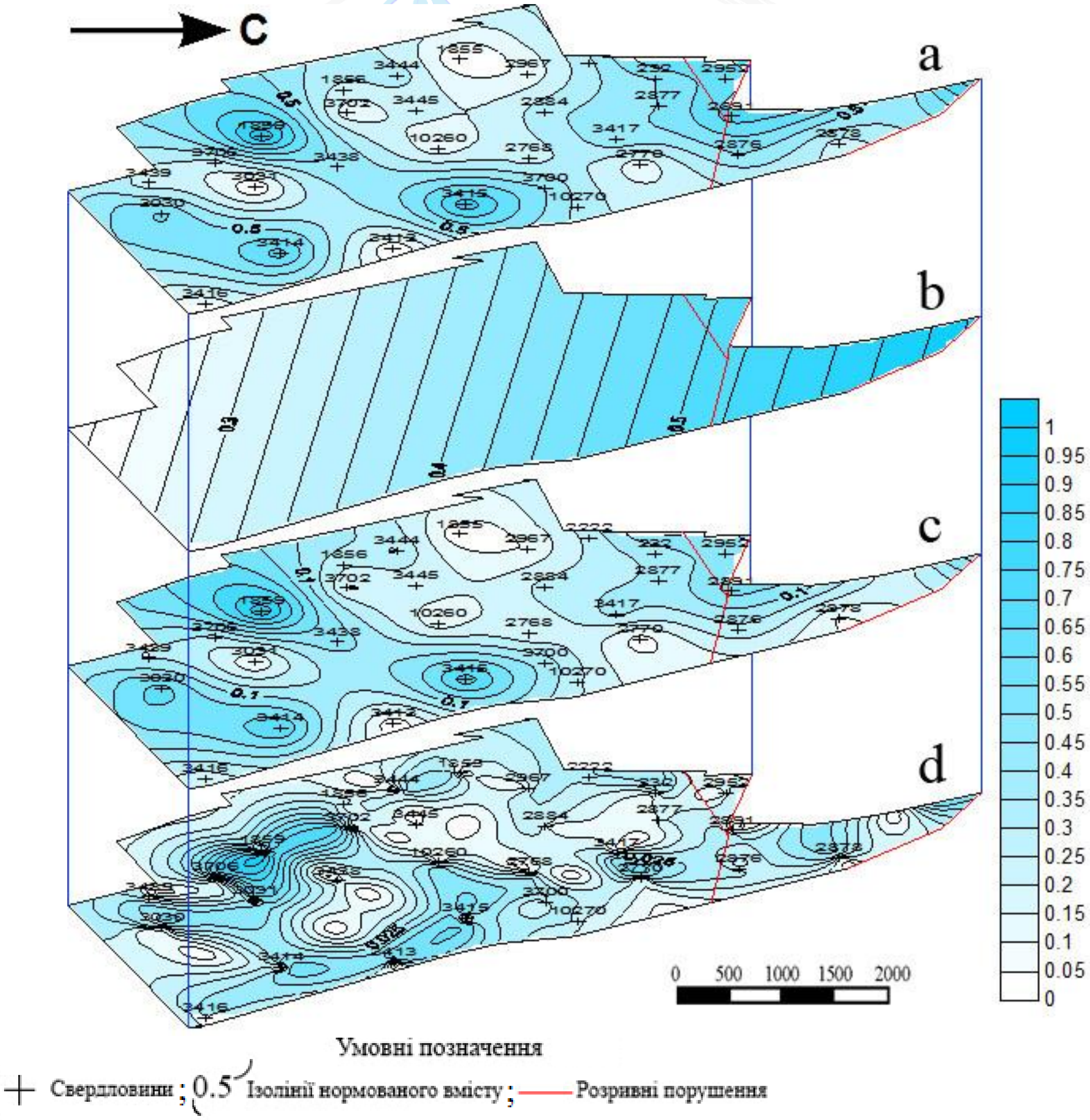


***Рисунок 1**. Особливості розподілу вмісту Co у вугільному пласті $k_5$ поля ВП «Шахта «Капітальна»; a – карта ізоконцентрат нормованого вмісту Co у вугільному пласті $k_5$*

*поля ВП «Шахта «Капітальна», b – карта зміни регіональної складової нормованого вмісту Co у вугільному пласті $k_5$ поля ВП «Шахта «Капітальна», c – карта зміни локальної складової нормованого вмісту Co у вугільному пласті $k_5$ поля ВП «Шахта «Капітальна», d – карта зміни градієнту нормованого вмісту Co у вугільному пласті $k_5$ поля ВП «Шахта «Капітальна».*

**Висновки.** Вміст кобальту змінюється у вугільному пласті $k_5$ по шахтному полю в інтервалі значень від 13 г/т до 21 г/т. Значення регіональної складової у вугільному пласті $k_5$ в межах поля ВП «Шахта «Капітальна» концентрацій кобальту збільшуються в північно-східному напрямку. Зони підвищених нормованих концентрацій кобальту, а також його локальні складові у загальному вигляді утворюють смуги, що орієнтовані субперпендикулярно до межі Українського кристалічного щита. Причому, переважна більшість аномалій не пов’язана з ділянками підвищеної проникності вугленосної товщі (розривними порушеннями і ділянками підвищеної тріщинуватості). Зони підвищених значень градієнтів нормованих концентрацій кобальту утворюють смуги, які в свою чергу орієнтовані субперпендикулярно до смуг підвищених нормованих концентрацій цього елементу та його локальної складової. Таке співвідношення кількісних особливостей у розподілі кобальту вказує на його переважне осадження з підводних виносів річок на комплексні геохімічні бар’єри (фізико-хімічні та механічні).

Сильний позитивний кореляційний зв’язок між кобальтом і зольністю вказує, що переважна складова концентрацій кобальту генетично пов’язана з глинистою аллотигенною речовиною.

**Список використаних джерел:**

Инструкция по изучению токсичных компонентов при разведке угольных и сланцевых месторождений [1982] Под редакцией В.Р. Клера. М.: Инст. литосферы АН СССР. – 84 с.

Ішков В.В., Козій Є.С. [2019] Кластерний аналіз вмісту токсичних і потенційно токсичних елементів у вугільних пластах Красноармійського геолого-промислового району Донбасу // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Форум гірників» до 120 річчя заснування університету. – 26-27 вересня 2019 р. – Дніпро. – С.241-251.

Козій Є.С., Ішков В.В. [2017] Класифікація вугілля основних робочих пластів Павлоградсько-Петропавлівського геолого-промислового району по вмісту токсичних і потенційно токсичних елементів // Збірник наукових праць «Геотехнічна механіка». – №136. – С. 74-86.

Kozar M.A., Ishkov V.V., Kozii Ye.S., Pashchenko P.S. [2020] New data about the distribution of nickel, lead and chromium in the coal seams of the Donetsk- Makiivka geological and industrial district of the Donbas // Journ. Geol. Geograph. Geoecology. – 29(4). – 722–730. http://doi: 10.15421/112065

# СТРУКТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКИДОНЕБЕЗПЕЧНОГО ВУГІЛЛЯ

***Карамушка О.О.***

*Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, Дніпро,*
*olya820117@gmail.com*

***The results of researches of structural features of coal from the disturbed and undisturbed zones of coal layers, executed by the method of optical microscopy are presented. A tendency is exposed, that more than 60 % quasi-crystals of outburst-dangerous coals of early, middle, and initial part of late katagenesis are characterized sizes of sides to 0,2 mm.***

## STRUCTURAL FEATURES OF OUTBURST-DANGEROUS COAL

***Karamushka O.O.***

**Вступ.** Геологічні порушення і напружений стан вугленосного масиву – один з найважливіших чинників, що впливають на виникнення газодинамічних явищ. При цьому з приводу належності викидів до геологічних порушень існує багато різних думок: одні пояснюють формування викидонебезпечних умов розрядкою напруги, викликаної давніми рухами земної кори *(Забигайло и др., 1980),* інші – напругою, що виникає в процесі сучасних тектонічних рухів, треті – особливим положенням викидонебезпечних зон по відношенню до вторинних складчастих форм. Більшість авторів проте вважає, що основна причина виникнення газодинамічних явищ полягає у своєрідних фізико-механічних і колекторських властивостях вугілля, якого воно набуває в зонах руйнуючого впливу тектонічних порушень *(Забигайло и др., 1980; Ходот, 1961; Эттингер, 1969*).

Руйнування вугілля і зміна його структури під впливом тектонічних процесів мають різноманітний характер і до нині мало вивчені. Необхідність проведення детальних досліджень у цьому напрямі обумовлена інтересами наукового і прикладного плану.

**Аналіз попередніх досліджень, формулювання проблеми, актуальність її вирішення.** У даній роботі застосування терміну «структура» вугілля грунтується на наступному його визначенні: структура – сукупність рис будови гірської породи, обумовлених формою, розмірами і співвідношеннями її складових частин: мінералів і нерозкристалізованного залишку – скла в ефузивних породах, неперекристалізованої, глинистої, карбонатної, вугільної речовини – в осадочних породах *(Половинкина, 1966).*

Порушена структура тріщинуватого вугілля – характеристика порушеності вугільного пласта і один з чинників виникнення газодинамічних явищ.

Вивчення умов виникнення газодинамічних проявів у вугільних пластах Донбасу супроводжувалося проведенням різних досліджень, у т.ч. структури вугілля – форм і розмірів вугільних частинок за допомогою методів оптичної і електронної мікроскопії *(Борисенко, 1985; Дрындин и др., 2000; Недин, Нейков, 1967; Петрухин и др., 1981).* Розглянемо деякі з них.

Викликають інтерес дослідження *(Борисенко, 1985),* які пов’язані з визначенням форми частинок зруйнованого вугілля. Проби вугілля, зруйнованого при раптових викидах і різними способами в лабораторних і шахтних умовах, вивчалися під мікроскопом зі збільшенням до 100 крат з метою виявлення форми частинок. У пробах виділялися частинки, що мають кубічну і подовжену форму, які характеризуються відношенням мінімального «діаметру» до максимального 1:2, і плоскі частинки – з відношенням «діаметрів» 1:3. Всього досліджено 29 вугільних проб і відзначено, що вміст частинок кубічної форми зі зменшенням «діаметру» збільшується, причому для викидонебезпечного вугілля ця залежність найбільш виражена. Кубічну форму мають частинки «діаметром» менше 0,25 мм. Автор також робить висновок про те, що при дробленні вугілля утворюються частинки, які співвідносяться з природними структурними окремостями вугілля. Вміст частинок «радіусом» 0,125 мм і більше складає в зруйнованому при раптових викидах вугіллі від 75% до 94% від маси.

Описані вище результати досліджень, виконаних для частинок вугілля, уточнюють результати, отримані для вугілля викидонебезпечних зон вугільних пластів *(Дрындин и др., 2000)*. У зазначеній роботі представлені дані досліджень мікроструктури вугілля на електронному мікроскопі до викиду, після викиду і зміни цієї структури в залежності від відстані до викидонебезпечних зон, які дозволили їм зробити наступні висновки: частинки вугілля в пробах, в основному, мають форму, близьку до прямокутного паралелепіпеда, із співвідношенням розмірів 2:1:1; середній розмір частинок вугілля збільшується зі збільшенням відстані від викидонебезпечних зон; мікроструктури вугілля в пробах, відібраних до ініційованого викиду, і «шаленого борошна» ідентичні.

Пізніше, в середині 80-х років, виділено перехідну форму між кристалічною та аморфною – квазікристали, які мають правильні геометричні форми часток або уламків незалежно від кристалічної будови *(Баранов, 1989)*.

Метою даної роботи є визначення структурних особливостей викидонебезпечного вугілля на основі застосування методики визначення порушених зон у вугільних пластах за структурними характеристиками вугілля.

**Фактичний матеріал та методи досліджень.** Всього досліджено 400 проб вугілля раннього (Д, Г), середнього (Г, Ж, К) і початку пізнього катагенезу (ПС) з шести шахт трьох геолого-промислових районів Донбасу. Характеристику об'єктів і об'ємів проведених досліджень наведено у таблиці 1.

**Таблиця 1. Характеристика об'єктів і об'ємів проведених досліджень (Карамушка, 2013)**

| Геолого-промисловий район | Шахта | Кількість проб | Марка вугілля (ДСТУ 3472-96) | Вугільний пласт |
|---|---|---|---|---|
| Донецько-Макіївський | Ім. О.Ф. Засядька | 341 | Ж, К | $l_1$, $m_3$ |
| | Ім. М.І. Калініна | 9 | К, ПС | $h_{10}$ |
| | Ім. О.О. Скочинського | 11 | К, ПС | $h_6'$ |
| | «Октябрський рудник» | 29 | Г, Ж | $k_8$ |
| Красноармійський | Ім. О.Г. Стаханова | 8 | Г, Ж | $l_1$ |
| Луганський | Ім. Л.І. Лутугіна | 11 | Д, Г | $k_7^н$ |

Визначення структурних особливостей вугілля виконано на основі застосування методики виділення порушених зон у вугільних пластах за структурними характеристиками вугілля *(Карамушка, 2015)*. Для визначення структурних характеристик вугілля використано метод оптичного дослідження гірських порід із застосуванням мікроскопа МБС-1.

**Отримані результати, їх обговорення.** На основі отриманих раніше даних визначено, що форма квазікристалів у пробах з тріщинуватої, непорушеної і викидонебезпечної зони вугільних пластів близька до прямокутного паралелепіпеда, при цьому в зоні розвитку тріщинуватості кількість квазікристалів з коефіцієнтом форми від 1 до 1,1 (тобто тих, що мають форму близьку до кубічної) складає 43,0%, тоді як в інших зонах кількість таких квазікристалів менше на ~ 10% (відповідно 32% і 33%) (Карамушка, 2020).

Для досягнення мети – доповнення отриманих результатів, виконано дослідження форми квазікристалів вугілля – визначення їх розмірів.

Для квазікристалів, в основному, характерною є форма прямокутного паралелепіпеда та куба і це – «крізна» ознака для всього дослідженого вугілля від марки Г до ПС з Донецько-Макіївського, Красноармійського та Луганського геолого-промислових районів Донбасу. При цьому більше 60% квазікристалів мають довжину 0,07-0,2 мм і більше 80% – ширину 0,056-0,2 мм, тобто більше 60% квазікристалів викидонебезпечного вугілля характеризуються розмірами сторін до 0,2 мм (таблиця 2) .

**Таблиця 2. Результати визначення довжини і ширини квазікристалів вугілля на різних шахтах Донбасу**

| Шахта | Довжина квазікристала вугілля, мм | Кількість квазікристалів певної довжини, % | Ширина квазікристала вугілля, мм | Кількість квазікристалів певної ширини, % |
|---|---|---|---|---|
| Ім. О.Ф. Засядька | 0,07-0,2 | 60,0 | 0,056-0,19 | 90,0 |
| Ім. М.І. Калініна | 0,07-0,189 | 76,7 | 0,056-0,195 | 95,5 |
| Ім. О.О. Скочинського | 0,07-0,209 | 81,8 | 0,056-0,202 | 96,4 |
| «Октябрський рудник» | 0,056-0,196 | 72,1 | 0,056-0,209 | 92,8 |
| Ім. О.Г. Стаханова | 0,07-0,189 | 67,5 | 0,056-0,215 | 96,3 |
| Ім. Л.І. Лутугіна | 0,07-0,257 | 79,1 | 0,056-0,203 | 80,0 |

**Висновки.** На підставі отриманих результатів визначено, що квазікристали викидонебезпечного вугілля раннього (Д, Г), середнього (Г, Ж, К) і початку пізнього катагенезу (ПС), в основному, мають форму прямокутного паралелепіпеда та куба, при цьому більше 60% квазікристалів характеризуються розмірами сторін до 0,2 мм. Отримані дані, доповнені при проведенні подальших досліджень, можна буде використовувати для визначення зон порушеності вугільних пластів і, відповідно, ступеня порушення структури тріщинуватого вугілля як одного з факторів виникнення газодинамічних явищ.

## Список використаних джерел:

Баранов В.А. [1989] Микронарушенность кварца песчаников Донбасса в связи с их выбросоопасностью. автореф. дис. … канд. геол.-мин. наук: спец. 04.00.16. «Геология твердых горючих ископаемых» / Баранов Владимир Андреевич; ДГИ. – Днепропетровск. – 17 с.

Борисенко А.А. [1985] Диспергирование углей при внезапных выбросах. – М.: Наука. – 96 с.

Дрындин В.А., Михина Т.В., Митрофанов Д.В. [2000] Экспериментальные исследования геофизических параметров и микроструктуры угля выбросоопасных зон угольных пластов // Горн. инф.-анал. бюл. МГГУ. – № 7. – С. 210-211.

Забигайло В.Е., Широков А.З., Кратенко Л.Я., Лукинов В.В., Стовас Г.М. [1980] Геологические условия выбросоопасности угольных пластов Донбасса. – К.: Наукова думка. – 192 с.

Карамушка О.О. [2013] Структурні критерії виділення порушених зон у вугільних пластах Донбасу: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геол. наук: спец. 04.00.01 «Загальна та регіональна геологія» / Карамушка Ольга Олександрівна; Інститут геологічних наук НАН України. – Дніпропетровськ. – 20 с.

Карамушка О.О. [2015] Спосіб визначення порушених зон у вугільних пластах за структурними характеристиками вугілля. Патент 103759 Україна, МПК (2015.01) E 21 C 39/00; власник Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України. - № u 2015 07021; заявл. 14.07.2015; опубл. 25.12.2015. Бюл. № 24 – 8 с.

Карамушка О.О. [2020] Характеристика структурних особливостей викидонебезпечного вугілля. Сучасні проблеми гірничої геології та геоекології: міжнар. наук. конф., 10-11 грудня 2020 р.: збірник матеріалів / ДУ НЦ ГГГРІ НАН України. – Київ. – С. 35-38.
Недин В.В., Нейков О.Д. [1967] Современные методы исследования пыли. – М.: Недра, – 170 с.
Петрухин П.М., Гродель Г.С., Жиляев Н.И. [1981] Борьба с угольной и породной пылью в угольных шахтах. – М.: Недра, – 271 с.
Половинкина Ю.И. [1966] Структуры и текстуры изверженных и метаморфических горных пород. – М.: Недра. – Ч. 1. – 240 с.
Ходот В.В. [1961] Внезапные выбросы угля и газа. – М.: Госгортехиздат,. – 363 с.
Эттингер И.Л. [1969] Внезапные выбросы угля и газа и структура угля. – М.: Недра. – 160 с.

## TYPOMORPHIC FEATURES OF NATIVE GOLD IN THE VERTICAL SECTION OF THE WEATHERING CRUST OF THE BALKA ZOLOTA DEPOSIT (ON THE EXAMPLE OF WELLS 514, 544, 545)

***Kovalchuk M.S.***[1]***, Sukach V.V.***[2]***, VyshnevskyiO.A.***[2]

*[1]Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, kms1964@ukr.net*
*[2]M.P. Semenenko Institute of geochemistry, mineralogy and ore formation of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, svital@ukr.net; vyshnevskyy@igmof.gov.ua*

***Native gold from the crust of weathering of the Balka Zolota deposit gold-bearing rocks has been studied. The deposit is located in the central part of the Solonianske ore field (Surska green-stone structure, the central part of the Middle Dnieper granite-greenstone region), 1 km south of the urban village of Solone, Dnipropetrovsk region. We studied the change in the typomorphic features of gold grains in the vertical section of the hydrochlorite-kaolinite (wells 544 and 545) and hydrochlorite (well 514) crust of weathering.***

## ТИПОМОРФНІ ОСОБЛИВОСТІ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА У ВЕРТИКАЛЬНОМУ РОЗРІЗІ КОРИ ЗВІТРЮВАННЯ РОДОВИЩА БАЛКА ЗОЛОТА (НА ПРИКЛАДІ СВЕРДЛОВИН 514, 544, 545)

***Ковальчук М.С., Сукач В.В., Вишневський О.А.***

**Introduction.** Mesoarchean stratified petrotype of the Konska series and synchronous intrusive and subvolcanic formations within the Sursk greenstone structure (central part of the Middle Dnieper granite-greenstone area), which containing gold mineralization, underwent intense areal and linear weathering during the Mesozoic-Cenozoic. As a result of the processes of hypergenesis, part of the ore bodies of the Balka Zolota gold deposit has its continuation in the weathering crust, which was directly formed from the ore-bearing rocks of the basement *(Gaeva. et al., 2006).*

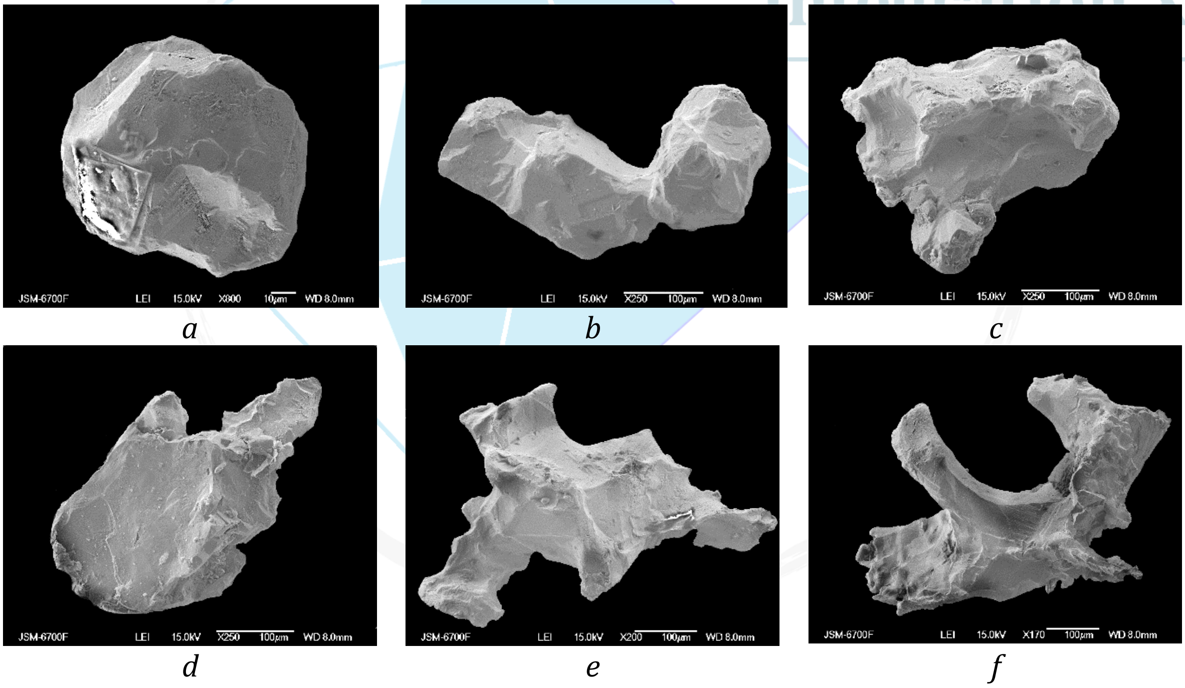
**Factual material and research methodology.** The actual material for the study were grains of native gold from different depths of the wells № 514, 544, 545. We investigated native gold in the depth range of: 20.0-20.5 m, 27.0-31.0 m, 39.0-43.0 m, 51.0-55.0 m, 59.0-63.0 m and 63.0-67.0 m from the well № 514; 41.0-42.0 m, 47.0-51.0 m, 63.0-66.0 m, 68.0-

72.0 m, 72.0-75.0 m from the well № 544 *(Kovalchuk et al., 2020)*; 55.0-63.0 m, 63.0-87.0 m from the well № 545 *(Kovalchuk et al., 2020).* Native gold grains under a binocular and using electron microscopy and microprobe methods (on an electron microscope JSM-6700F, equipped with an energy dispersive system for microanalysis JED-2300) were examined.

**Results and interpretation.** Depending on the original rocks of the substrate and preserved from erosion of their zones, the weathering crust within the deposit has quartz-kaolinite, quartz-sericite-kaolinite, ocher-siderite-kaolinite, goethite-siderite-kaolinite, hydrochlorite, hydrochlorite-kaolinite-hydrochlorite, kaolinite-goethite-hydrogoethite composition *(Gaeva et al., 2006; Kovalchuk et al., 2020).*

***Well № 514.*** Contains gold from well № 514 2.16-10.0 g/t *(Gaeva et al., 2006).* Grain size 0.1-0.5 mm (grain size 0.1-0.15 mm or less predominates). The morphology of gold grains from the hydrochlorite weathering crust is quite variegated (Fig. 1). In the range of depths of 20.0-20.5 m, the gold grain is elongated-lamellar, three-dimensional lumpy in shape with short processes. The surface of the grains is fine-pitted, shale.

In the range of depths of 39.0-43.0 m, gold grains are much smaller than above the section, with a clear crystallographic cut and with individual processes. There are distorted crystals and their growths, in particular cranked. The surface of the grains is shagreen, smooth, shiny. In the range of depths 51.0-55.0 m, gold grains of three-dimensional lump-like shape with short shoots and three-dimensional-elongated shape.


JSM-6700F LEI 15.0kV X800 10μm WD 8.0mm
JSM-6700F LEI 15.0kV X250 100μm WD 8.0mm
JSM-6700F LEI 15.0kV X250 100μm WD 8.0mm
JSM-6700F LEI 15.0kV X250 100μm WD 8.0mm
JSM-6700F LEI 15.0kV X200 100μm WD 8.0mm
JSM-6700F LEI 15.0kV X170 100μm WD 8.0mm

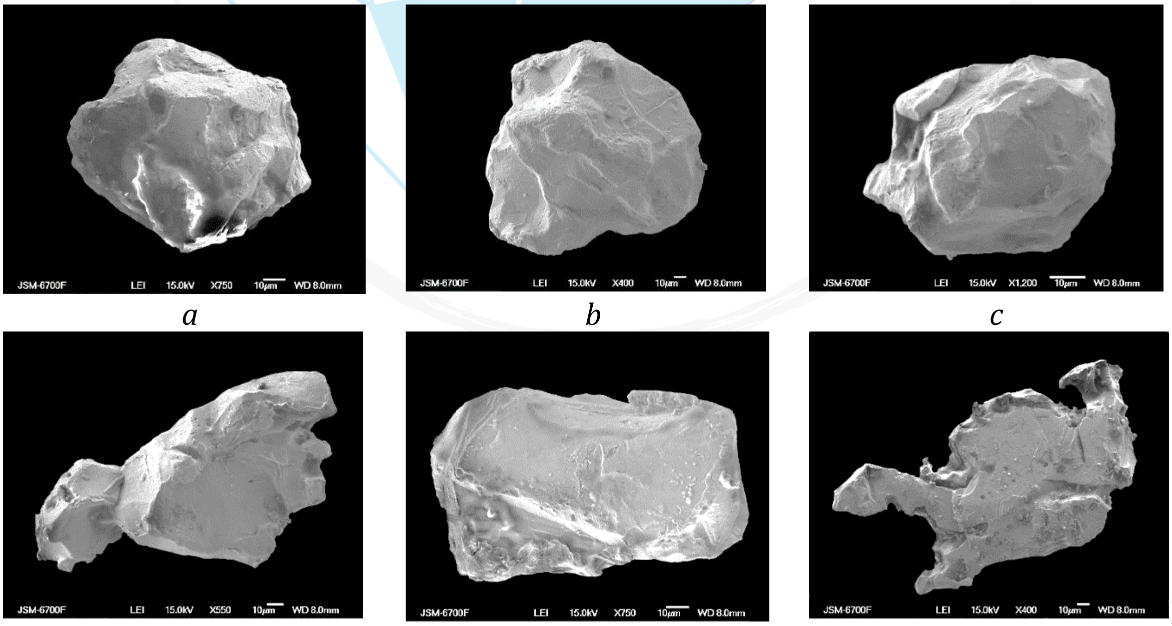
*a* *b* *c*

*d* *e* *f*

***Figure 1.*** *Morphology of gold grains from a well 514. a – distorted gold crystal; b – fusion of distorted crystals; c – lumpy grain of gold; d – lamellar-elongated grain of gold; e, f – xenomorphic gold grains with a wide range of forms.*

The surface of the grains is smooth and pitted-hilly. In the depth range of 59.0-63.0 m, gold grains are three-dimensional and lumpy in shape with a smoothed surface, with imprints of the faces of other minerals in the central part. The surface of the grains is finely lumpy. In the depth range of 63.0-67.0 m, the gold is triangular-volumetric in shape, tabular-scaly with wire-like processes, thick-lamellar, volumetric-elongated, with smooth and pitted-hilly surface. The color of the grains is golden-yellow, sometimes brownish-yellow, yellow-brown. It has been found that down the section, the color of gold changes from golden yellow to yellow-brown, which indicates the purification of native gold up the section (from less weathered areas to more weathered). Gold is medium-grade (898) and high-grade (932) quality. Among the impurity elements, silver (4.94-8.72%), copper (0.80-1.44%), and zinc (0.32-0.73%) predominate. Earlier, N. Gaeva and co-authors found only high-grade gold (928-949), in which the silver content was 4.9-6.59%, and copper 0.04-0.21% *(Gaeva etc., 2006).*

***Well № 544*** *(Fig. 2).* In the range of depths 41.0-42.0 meters, gold grains have a round-lumpy, volumetric elongated, quadrangular-tabular shape with a fine-shagreen, fine-pitted surface. In the range of depths 47.0-51.0 m of gold grains are round-lumpy, with imprints of faces of other minerals. In the depth range of 51.0-54.0 m, the gold is lamellar, volumetric-short-columnar, with a fine-shagreen surface. In the range of depths of 63.0-66.0 m gold grains are lumpy-rounded, sometimes with processes. In the depth range of 68.0-72.0 m, the morphology of gold grains is more diverse. There are grains of round-lumpy, elongated-lumpy, irregularly-lumpy shape with processes, truncated edges, as well as grains of flattened-elongated shape with finely lumpy surface and imprints of other minerals. There are single individiums with traces of crystallographic cutting. In the depth range of 72.0-75.0 m, gold grains are represented by crystals of pseudo-pyramidal, prismatic shapes with distinct faces and edges, as well as cubic-shaped growths and distorted gold crystals and inclusions of transparent quartz. Diagnosed with gold lumpy, as well as elongated shape with well-defined faces and ribs. There are irregularly shaped grains with a pitted-hilly, cavernous surface with imprints of faces of other minerals and branch-like aggregates with cluster-like autoepitaxic growths of gold on gold. Often gold grains mix the inclusion of transparent quartz and faceted magnetite crystals. The surface of the grains is smooth, finely lumpy, sometimes shiny. The color of gold grains is dull yellow, yellow-brown, golden-yellow. Dominated by golden-yellow gold. Gold from well 544 is mostly medium (874-895), occasionally high quality (900-901). Among the impurity elements, silver (6.52-10.57%), copper (0.85-1.30%), and zinc (0.15-0.74%) predominate. Up the section of the eluvium there is a tendency to increase the proportion of larger grains of gold.


JSM-6700F LEI 15.0kV X750 10μm WD 8.0mm
JSM-6700F LEI 15.0kV X400 10μm WD 8.0mm
JSM-6700F LEI 15.0kV X1,200 10μm WD 8.0mm
JSM-6700F LEI 15.0kV X550 10μm WD 8.0mm
JSM-6700F LEI 15.0kV X750 10μm WD 8.0mm
JSM-6700F LEI 15.0kV X400 10μm WD 8.0mm

*a* *b* *c*

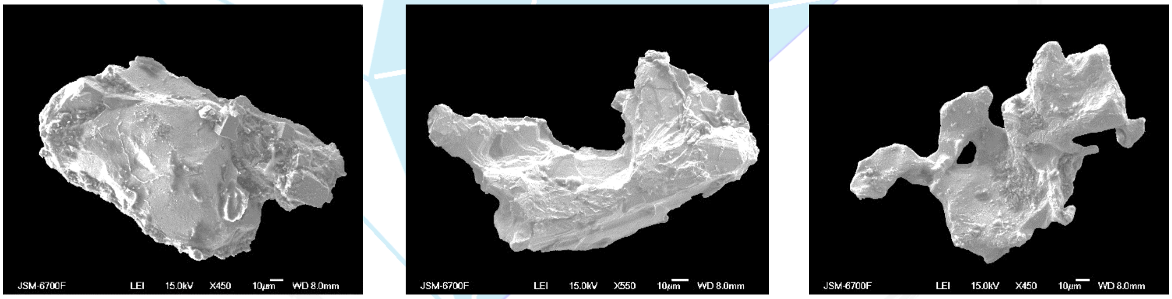
*d* *e* *f*

***Figure 2.*** *Morphology of gold grains from borehole no. 544. a, b, c – hypidiomorphic grains; d – cementation form of lumpy gold grain with a process; e – grain of a volumetric-elongated shape; f – xenomorphic grain with processes.*

***Well № 545*** *(Fig. 3)*. In the range of depths of 55.0-63.0 meters, the morphology of gold grains is uniform. These are irregularly lumpy grains with truncated edges. There are lumpy grains with wire-like processes. The surface of the grains is pitted-tuberous. At a depth of 63.0-87.0 m, the morphology of gold grains is more variegated. Distorted crystals, xenomorphic and hemidiomorphic grains were detected. Diagnosed with gold in the form of distorted cubic crystals with processes; grains tabular-shaped, sometimes with lateral processes; grains of flattened-elongated shape, flattened shape with a wide range of shapes with numerous lateral processes; volume-elongated grains with numerous short shoots and stem-like, hook-like secretions; lumps of lumpy shape; hemidiomorphic grains, in which the xenomorphic grain turns into a distorted pseudo-octahedron; aggregates of gold grains, which are chain-like growths. The surface of the grains is golden pitted-hilly, shagreen, sometimes smooth and shiny, often with imprints of the faces of other minerals. The edges of the grains are smooth, often with numerous processes of various lengths and shapes.

Gold color is golden yellow, dull yellow, dark yellow, yellow-brown. Down the section of the eluvial layer, the gold fades, becomes dark and brownish-yellow. Gold is mostly medium (873-896), occasionally high quality (916). Among the impurity elements is dominated by silver (7.0-10.2%), copper (0.32-1.73%), zinc (0.2-0.88%). Up the section of the eluvium there is a tendency to increase the proportion of larger grains of gold.

**Conclusions.** In both wells, the morphology of the grains in the upper horizons of the crust of weathering is simpler compared to the deeper horizons, which is probably due to the simplification of its morphology in the upper zone of the crust. With depth (towards ore bodies that have not been altered by hypergenesis), the morphology of gold grains becomes more diverse: along with xenomorphic grains, idiomorphic, hypidiomorphic, and hemidiomorphic individuals appear. In the same direction the fineness of gold decreases: the gold varies from 901-932 (in the upper horizons of the crust) to 896--873 fine (in the lower horizons).


JSM-6700F LEI 15.0kV X450 10μm WD 8.0mm
JSM-6700F LEI 15.0kV X550 10μm WD 8.0mm
JSM-6700F LEI 15.0kV X450 10μm WD 8.0mm

*a* *b* *c*

***Figure 3.*** *Morphology of gold grains from the well 545. a – lumpy grains of gold; b – elongated grain with xenomorphic processes; c – xenomorphic grain with a wide range of shapes.*

This also applies to the colour of the grains: down the section it changes from golden-yellow to dirty-yellow and yellow-brown. Gold in the hydrochlorite-kaolinite crust of weathering of gold-containing cr stalline rocks of the Balka Zolota deposit basement is mostly residual, occasionally newly formed – in the form of small autoepitaxic growths of gold on gold. It is likely that the upper kaolinite zone of the weathering crust was blurred, and gold as a result of erosion of the eluvial stratum was moved to higher stratigraphic levels (probably in the Middle Eocene alluvial formations).

The results obtained add to the database on typomorphic features of native gold from the crust of weathering of the Balka Zolota deposit. They are necessary for an objective assessment of the content of gold of the crust of weathering, the quality of mineral raw materials, optimization of mining and improving the efficiency of environmental management.

**References:**

Gaeva, N.P. etc. [2006]. Features of the material composition of native gold and gold-bearing ores of green stone complexes of the Middle Dnieper; Research report: Novomoskovsk. (in Ukrainian)

Kovalchuk M.S., Sukach V.V., Vyshnevskyi O.A. [2020]. Typomorphic peculiarities of native gold in the vertical section of hydrochlorite-kaolinite crust of weathering of Balka Zolota deposit. In: Minaralogical Collected (Ukraine). – 70. – 1-2. – P. 48-53. (in Ukrainian)

# STRUCTURAL AND LITHOLOGICAL MODELING OF ILMENITE DEPOSITS IN WEATHERING CRUSTS AND PRODUCTS OF THEIR EROSION AND REDEPOSITION WITHIN THE NOVOMYRGOROD TITANIUM-BEARING REGION

***Kroshko Yu.V., Kovalchuk M.S.***

*Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine,*
*ykrosh.79@ukr.net; kms1964@ukr.net*

MinGeo
Integration XXI

***Some results of studying the ilmenite-bearing and structural-lithological modeling of ilmenite deposits in weathering crust and products of their erosion and redeposition within the Novomyrgorod titanium-bearing region are presented.***

# СТРУКТУРНО-ЛІТОЛОГІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОКЛАДІВ ІЛЬМЕНІТУ В КОРАХ ВИВІТРЮВАННЯ І ПРОДУКТАХ ЇХ РОЗМИВУ І ПЕРЕВІДКЛАДЕННЯ В МЕЖАХ НОВОМИРГОРОДСЬКОГО ТИТАНОНОСНОГО РАЙОНУ

***Крошко Ю.В., Ковальчук М.С.***

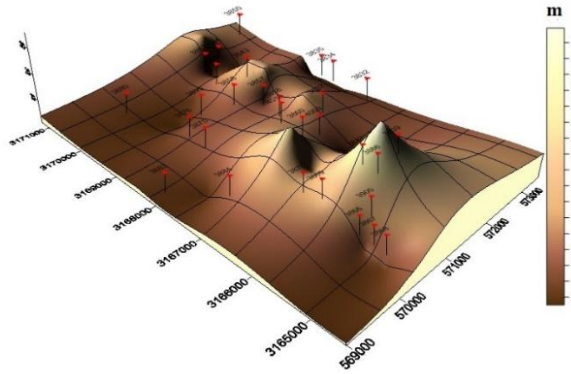
**Introduction.** Ukraine is one of the ten leading countries in the world in terms of explored reserves of titanium ores and provides more than 6% of their world production. The development of eluvial and fluvial ilmenite deposits of different ages, a significant part of which are complex, is investment attractive and economically profitable. A significant amount of ilmenite is extracted from placer deposits. At the same time, deposits and manifestations of ilmenite in the Mesozoic-Cenozoic crusts of weathering of crystalline basement rocks have been explored in Ukraine. Among the promising titanium-bearing objects of the Ukrainian Shield is the Novomyrhorod gabbro-anorthosite massif. Here, production organizations have established the titanium-bearing rocks of the crystalline basement, their weathering crusts and the products of erosion and redeposition of eluvial formations.

**Factual material and research methodology.** The research is based on the generalization and interpretation of geological reports data, as well as our own research. Coordinates and description of wells, data of well testing for ilmenite served as the actual material for digital modeling. Based on the factual material, digital structural-lithological models of ilmenite-bearing weathering crusts and placers of different age and different genesis, which were formed due to erosion and redeposition of the material of weathering crusts, were constructed. Cartographic constructions contain a set of maps, namely: topography maps of the base and surface of productive deposits; maps of the total thickness of the weathering crust and deposits containing placers; thickness maps of sediments that contain ilmenite; maps of spatial distribution of ilmenite content in weathering crusts and placers.

**Analysis of previous research.** In 1955, the Kirovograd prospecting party of the East Ukrainian expedition carried out prospecting work to identify industrial concentrations of ilmenite, rutile and zircon in alluvial deposits and in the weathering crust of basic rocks. As a result of geological survey at a scale of 1: 50.000 *(Zlobenko, Zlobenko, 1962; Karpov, Saveliev, 1963; Zlobenko, Bryanskiy, 1966*), promising areas were identified for prospecting ilmenite placers in the weathering crust of crystalline rocks of the Novomyrgorodsky gabbro-anorthosite massif and products of their erosion and redeposition. In 1977-1979, within the Novomyrgorodsky gabbro-anorthosite massif, general prospecting for ilmenite deposits in the weathering crust was carried out (V.I. Skorobach and others). As a result of these works, the ilmenite content of the rocks of the crystalline basement, weathering crust and polygenic and polychronous products of its erosion and redeposition was substantiated. In particular, the Eastern and Western plots, Byrzulovska, Andriivska, Likarivska, Valuevska and other placers were identified *(Skorobach and al. 1973, 1979, 1983; Fedorenko, 1970).*

**Results and interpretation.** In this publication, we briefly characterize the ilmenite potential of the Eastern plot, which is located within the eastern part of the Novomyrgorod gabbro-anorthosite massif and some continental and coastal Cretaceous placers.

***The Eastern plot*** is located within the eastern part of the Novomyrgorod gabbro-anorthosite massif. The geological structure of the area involves rocks of the basic composition of the Korosten complex of the Mesoproterozoic, their weathering crust and sedimentary formations of the Paleogene, Neogene and Quaternary systems. The rocks of the crystalline base are mainly represented by porphyritic granites, gabbro-norites, gabbro-monzonites, gabbro-anorthosites, anorthosites and monzonites in which titanium-apatite mineralization is present. The rocks of the crystalline base in the Late Jurassic-Early Cretaceous time underwent weathering processes. As a result, an areal and linear (confined to tectonic faults, crushing zones and contact zones of various rock types) weathering crust was formed. The thickness of the weathering crust is 2-30 m and only in some places reaches 50 m. The distribution of the thickness of the weathering crust within the site is uneven (Fig. 1). The depth of the weathering crust roof is 34.2-45.4 m. The weathering crust has vertical zoning, which includes three zones (from bottom to top): the first is disintegration and leaching zone, the second is the initial hydrolysis zone (kaolinite-hydromica zone), and the third is the final hydrolysis and oxidation of weathering products (kaolinite zone). Ore occurrences of ilmenite are associated with the weathering crust. Ilmenite from the weathering crust is coarse-grained, rarely medium-grained. Ilmenite is present in the form of angular, large, irregularly shaped grain fragments. The ilmenite habit is thick-tabular, lamellar, rarely rhombohedral. The grain size is 0.3-0.5 mm, sometimes up to 5.0 mm. The color of the mineral is gray (prevailing), grayish-brown, pitch-black, less often brownish-brown. Luster is metallic, dull. The surface of the grains is smooth, shiny, in places leucoxenized. The average content of ilmenite in the weathering crust is 85.4-184.6 kg/m$^3$. The distribution of ilmenite in the vertical section of the weathering crust is uneven (Fig. 2). As a rule, the increased content of ilmenite is associated with the areas of the greatest thickness of the eluvium. However, there are local areas where this pattern is not observed. There is also a tendency for the ilmenite content to decrease with depth, that is, from more weathered to less weathered rocks.



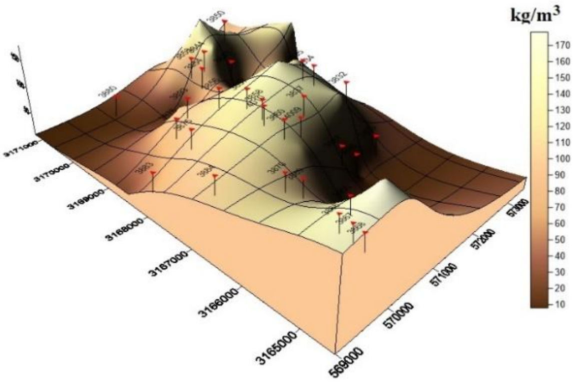


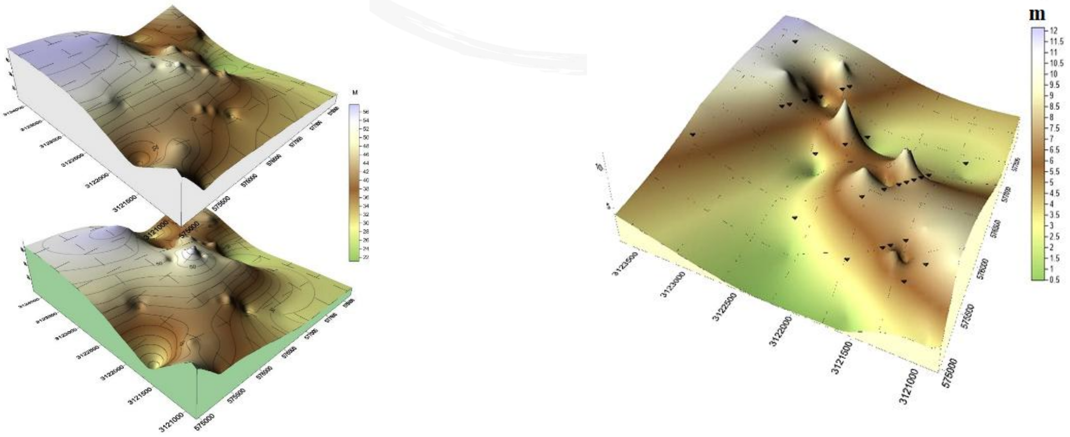
***Figure 1.*** *Lateral distribution of the weathering crust thickness.*

***Figure 2.*** *Lateral distribution of the ilmenite content (kg/m³) in the weathering crust.*

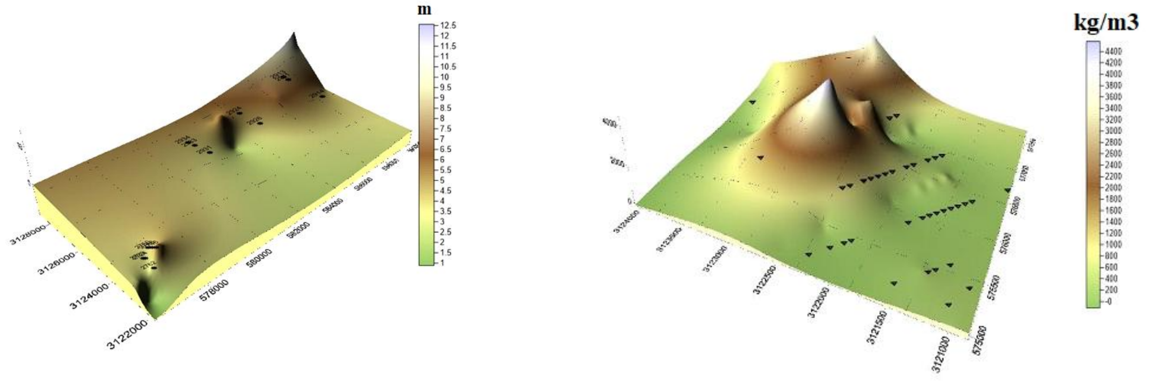
***The Byrzulovska placer*** is located in the area between the villages of Korobchino and Byrzulovo, 15 km southwest of the city of Novomirgorod. The placer is included in composition of the Novomyrgorod group of placer deposits of titanium-zirconium ores. In geological structure of territory includes igneous rocks of the crystalline basement (labradorites, gabbro-labradorites and rapakivi granites), their weathering crust, sedimentary sandy-argillaceous deposits of the Lower Cretaceous, the formation of the Neogene and Quaternary period.

The Lower Cretaceous continental deposits are everywhere on the weathering crust, which is the basis for fluvial deposits. Continental sediments are represented by gray fine- and medium-grained quartz kaolin sands and secondary kaolins. The thickness of the sands is from 1.5 to 8.9 m. The content of ilmenite varies from a few kilograms per cubic meter to 343-758 kg/m³ *(Fedorenko, 1970).* The most enriched with ilmenite are the sandy rocks confined to the Paleovalley thalweg. The content of ilmenite in secondary kaolins in some cases is 300 kg/m³ *(Fedorenko, 1970).* Coastal-marine glauconite-quartz sands of the Lower Cretaceous within the Birzulovsky placer are represented by shallow-water facies of the Upper Alb, the thickness of which reaches 12.0 m. These sands also contain ilmenite placers and were formed as a result of erosion and redeposition of eluvial and continental formations.

The results of structural and lithological modeling of the Byrzulovska placer are presented in Figure 3 *(Kroshko, 2016)*.



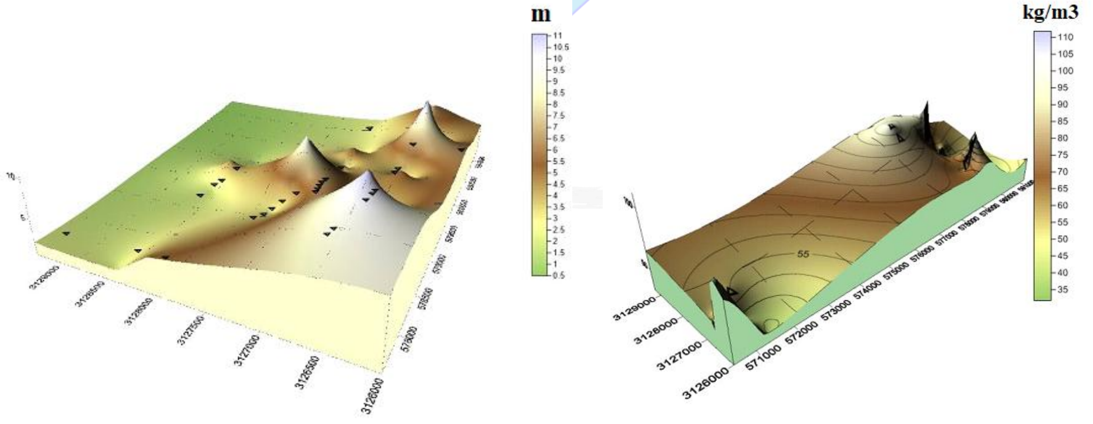
*a* *b*



c d

*__Figure 3.__ The results of structural and lithological modeling of the Byrzulovska placer.*
*a – topography of the surface and base of continental sediments; b – thickness distribution of sand deposits; c – thickness distribution of ilmenite-bearing kaolins; d – distribution of ilmenite contents in the continental strata.*

***Andriivska placer*** is located within the valley of the Velyka Vys river and its slopes (the area of the villages Ivanovka, Troyanov, Andriivka, Likariv). The geological structure of the plot includes rapakivi granites, their weathering crust, the Lower Cretaceous ilmenite-bearing continental deposits of and Quaternary alluvial deposits of the Velygation river valley. The maximum thickness of the ilmenite-bearing alluvium is 22 m. Within the axial part of the valley, the continental Lower Cretaceous deposits are partially eroded. The content of ilmenite in sediments varies from a few tens of kg to 182.7 kg/m$^3$ *(Skorobach and al., 1973).* The relief of the base and surface of the placer is even, without significant deepening and uplifts. The distribution of the thickness of the ilmenite-bearing deposits has three distinct peaks. The increased thickness of clay deposits is confined to places of reduced thickness of sandy deposits. The distribution of ilmenite within the placer is more or less uniform with a pronounced maximum at the uplift of the base surface, which indicates the accumulation of ilmenite on the mechanical barrier. Some results of structural and lithological modeling of the Andriivska placer are presented in Figure 4.



a b

*__Figure 4.__ Some results of structural and lithological modeling of the Andriivska placer.*
*a – thickness distribution of sand deposits; b – distribution of ilmenite contents in the continental strata.*

**Conclusions.** Structural-geological models of ilmenite deposits in weathering crusts and in polygenic and polychronous products of their erosion and redeposition reflect the internal structure of ore deposits and the distribution of ilmenite within them. The practical significance of the results obtained lies in the establishment of the inherited nature of industrial ilmenite-bearing capacity in a wide formation-stratigraphic range - from crystalline basement rocks, their weathering crusts to Aptian-Lower Albian alluvial, Upper Albian coastal-marine, Neogenian and modern alluvial deposits. This determines the paragenetic and spatial relationship and significant thicknesses of the productive horizons. This factor, along with favorable industrial characteristics (the content of ilmenite and its high quality), as well as favorable mining and geological conditions determine the investment attractiveness of the study area. The created cartographic materials and the accumulated database on individual objects form the basis for their geological and economic assessment and information support for works on their industrial development.

**References:**

Kroshko Yu.V. [2016] A digital structural-lithological model of lower cretaceous continental alluvial ilmenite placers of top paleostream within the Lebedyn-Balakliia paleovalleys (central part of the Ukrainian shield). In: Geoinformatika (Ukraine), 3 (59), 49-57. (in Ukrainian)

Skorobach V.I. and al. [1973] Geological report on the results of prospecting for ilmenite placers within the southern part of the Lebedyno-Balakliivska depression in the Byrzulovsky and other areas of the Middle Dnieper region, carried out by the South Ukrainian geological expedition in 1971-1973. Production report. Kyiv. (in Russian)

Skorobach V.I., Karmazenko V.G., Grechushkina T.A. [1979] Report on the results of prospecting for new alluvial and residual ilmenite deposits within the area of distribution of the main rocks of the Novomygorodsky and Voronovsky massifs for 1977-1979. Kyiv. (in Russian)

Skorobach V.I., Tarasenko V.S., Shkurenko I.E. [1985] Report on the results of detailed prospecting for titanium ores in promising areas of the southern part of the Korsun-Novomyrgorod pluton for 1980-1983. Kyiv. (in Russian)

Fedorenko N.S. [1970] On the results of prospecting for ilmenite placers in the Middle Dnieper region among sandy deposits of the Lower Cretaceous: production report Kyiv. (in Russian)

## ПОКАЗНИКИ ПЕРСПЕКТИВНОСТІ ОТРИМАННЯ ДОДАТКОВИХ ПРИПЛИВІВ ВУГЛЕВОДНІВ НА ГАЗОВИХ РОДОВИЩАХ

***Лукінов В.В.,[1]Безручко К.А.,[1]Приходченко О.В.,[2]Кобеза В.С.[2]***

*[1]Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України,*
*Дніпро, gvrvg@meta.ua, igtmnanu@ukr.net*
*[2]Державний технічний університет «Дніпровська політехніка»,*
*Дніпро, Kobeza15@gmail.com*

***The practical experience of long-term operation of hydrocarbon deposits confirms the presence of geomechanical processes and their significant impact on the state of the gas-saturated massif of rocks. In fields that are being operated for a long time, the prospects for industrial hydrocarbon accumulation can be associated with secondary gas traps of non-traditional type, in particular, technogenic ones, which are formed in low-pore collectors. The purpose of the work is to clarify the geological conditions for the formation of technogenic collectors and attracting additional volumes of gas under the action of a geomechanical factor while operating the Rudkivske gas field.The quoted results of the research prove the effect of gas extraction from the deposits of the J-h***

***horizon on the formation of secondary technogenic collectors by attracting additional volumes of gas from the productive horizons of ND-4, ND-5, ND-7 and the formation of a new (ND-10), which subsequently connected to the gas production. Attracting additional gas volumes is due to the gas influx from newly made technogenic collectors, which were formed under the action of a geomechanical factor in the process of long-term development of the field.***

## INDICATORS OF THE PROSPECTIVITY FOR OBTAINING HYDROCARBONS ADDITIONAL FLOWS AT THE GAS FIELDS

***Lukinov V.V., Bezruchko K.A, Prykchodchenko O.V., Kobeza V.S***

**Вступ.** Рівень забезпечення економіки України сировинною базою енергетичних ресурсів є запорукою її сталого розвитку. Це вимагає залучення до паливно-енергетичного комплексу країни додаткових резервів. На відомих родовищах, що експлуатуються тривалий час, перспективи промислового скупчення вуглеводнів можуть бути пов’язані з вторинними газовими пастками нетрадиційного типу, які утворюються у низькопористих колекторах. Зокрема, вилучення значних обсягів газу з колекторів, які експлуатуються, призводить до зниження тиску флюїдів у них, спричиняє їх ущільнення та сприяє розвантаженню від гірського тиску порід, що залягають вище, у тому числі інших продуктивних горизонтів. Розвантаження цих порід впливає на їх розущільнення та, як наслідок, сприяє процесу тріщиноутворення. У випадку наявності шарів низькопористих колекторів в покрівлі продуктивних горизонтів, ураження їх тріщинами покращує колекторські властивості та слугує суттєвим чинником формування нових продуктивних горизонтів. Залучення до видобутку додаткових обсягів газу на родовищах, які знаходяться на пізній стадії експлуатації дозволяє використовувати налагоджену, перевірену роками інфраструктуру та створені соціальні умови.

**Аналіз попередніх досліджень, формулювання проблеми, актуальність її вирішення.** Для вуглегазових родовищ формування газоносності низькопористої та низькопроникної товщі теоретично обгрунтовано у роботах *(Лукинов, Пимоненко, 2008; Булат та ін., 2017)*. Утворення газових покладів у вугленосних відкладах може відбуватися за рахунок перерозподілу газу у вуглепородному масиві, коли природні або техногенні чинники підвищують рухливість метану у системі та сприяють активізації процесу його міграції. У роботі *(Булат та ін., 2018$_1$)* була запропонована гіпотеза утворення вторинної тріщино-пористої структури в породах на експлуатованих газових та газоконденсатних родовищах.

В результаті виконаного чисельного моделювання зміни геомеханічних і фільтраційних параметрів для тестової моделі газового родовища було отримано розподіли значень напружень, деформацій, тиску газу в колекторі на різних часових ітераціях, та побудовано графіки зміни значень геомеханічних параметрів *(Булат та ін., 2018$_2$)*. Показано, що на початку експлуатації газового родовища зміна тиску газу в резервуарі незначна і не впливає помітно на зміну поля напружень, зміщення породних шарів і земної поверхні. Максимальні значення переміщень точок породного масиву і земної поверхні відбуваються після того, як тиск газу в колекторі падає до мінімального значення. З часом, наприкінці експлуатації газового родовища відбувається розвантаження пласта, що спричиняє деформування выще- і нищерозташованої породної товщі.

**Фактичний матеріал та методологія досліджень.** Проведено детальний аналіз відомих газових та газоконденсатних родовищ (ГКР) Східного нафтогазоносного регіону України (Шебелинське, Західно-Хрестищенське, Мелихівське, Розпашнівське, Ведмедівське, Машівське, Кегичевське, Ланнівське).

Метою даної роботи є з’ясування геологічних умов формування техногенних колекторів та залучення додаткових обсягів газу під дією геомеханічного чинника під час експлуатації Рудківського газового родовища. Вибір Рудківського газового родовища як об’єкта дослідження обумовлено тим, що на цьому родовищу, після завершення його експлуатації, викрито новий поклад, який розташований над масивним та найпотужнішим нижнім покладом.

**Отримані результати, їх обговорення.** Розвідка Рудківського газового родовища була завершена в 1957 р. та відкрито шість газових покладів: п’ять у сарматських (НД-4, НД-5, НД-7, НД-8, НД-9) та один в юрсько-гельветських породах (J-h). За період з 1957 по 1997 роки видобуто 29885,8 млн. м$^3$, або 91,0% початкових запасів, які складали 32 млрд. 824 млн. м$^3$ газу. За 1958-1983 роки видобуто 43701 т конденсату. За результатами геологорозвідувальних робіт були підраховані так звані початкові видобувні запаси категорій А+В+$С_1$, які склали для покладу НД-4 – 108 млн. м$^3$, НД-5 – 650 млн. м$^3$, НД-7 – 220 млн. м$^3$, НД-8-9 – 2736 млн. м$^3$, $J\text{-}N_1h_1$ – 29110 млн. м$^3$ *(Атлас..., 1998)*. Проте, як вказується у роботі *(Чебан, Владика, 2007)*, в кінці 1999 року вже всі вищезгадані газові поклади були значно виснажені, а обсяги видобутого газу з вищезазначених покладів склали: з горизонту НД-7 – 462 млн. м$^3$, НД-5 – 865 млн. м$^3$, НД-4 – 262 млн. м$^3$. Таким чином, за результатами видобувних робіт обсяги видобутого газу значно перевищили початкові видобувні запаси у сарматських пісковиках, які залягають над масивним покладом у гельветсько-юрських відкладів.

Ущільнення колектору масивного покладу на прикінцевій стадії його експлуатації викликало розущільнення низькопористих пісковиків сарматського віку, які залягають вище. На наш погляд, саме за рахунок розущільнення шарів низькопористих пісковиків продуктивних горизонтів покладів ніжньосарматського віку відбулося збільшення запасів газу у цих покладах. Більш того, розущільнення низькопористих пісковиків горизонту НД-10, який до того не був продуктивним, слугувало причиною утворення нового газового покладу у цих верствах, до яких, завдяки утворенню сприятливих фільтраційно-ємнісних властивостей, мігрував газ створюючи промислові скупчення. Принциповою відмінністю такого підходу є те, що йдеться не про «пропущений газовий поклад», як характеризують поклад НД-10 автори роботи *(Чебан, Владика, 2007)*, а про утворення нових техногенних покладів на завершальній стадії розробки газових та газоконденсатних родовищ.

Таким чином, Рудківське газове родовище, завдяки своїй геологічній будові, може слугувати об’єктом для оцінки ущільнення товщини промислового колектору після вилучення газу, порівнюючи ці процеси з процесами ущільнення порід гірського масиву після виймання вугільного пласта на вугільних родовищах Донбасу.

Ущільнення продуктивного колектору за рахунок стиснення може відбуватися шляхом зменшення порового простору, який був зайнятий газом. Тобто скорочення ефективних пор відповідає вийманій потужності пласта на вугільних родовищах. Показник $m_в$, який на вугільних родовищах характеризує вийману потужність вугільного пласта, замінюємо на умовну сумарну товщину ефективних пор у колекторі ($m_n$). Максимальна товщина карбонатного колектора складає $h_k$ = 190 м, пористість підрахункова $П = 6{,}8\ \%$, газонасиченість $Г = 70\ \%$ *(Атлас..., 1998)*. Умовна сумарна товщина ефективних пор у колекторі ($m_n$) визначається за формулою:

$$m_n = h_k \cdot П \cdot Г.$$

Для розрахунку $m_n$ значення $П$ та $Г$ подаємо в частках одиниці, тоді $m_n$ становить 9,04 м.

Користуючись формулою розрахунку відстані, на яку розвантажуються від гірського тиску вміщуючі породи (пісковики та алевроліти), що залягають над вугільним пластом після його виймання *(Лукінов та ін., 2016)* та показниками $k_л = 0{,}9$ та $m_n = 9{,}04$ м, було розраховано відстань ($h_n$) вгору від покрівлі юрсько-гельветського горизонту J-h, на яку вплинуло вилучення газу з цього карбонатно-теригенного колектору, яка становить 570 м.

Показник $h_n$ характеризує інтервал, в якому породи зазнали розвантаження від виснаження так званого базового колектору, в даному випадку горизонту J-h, що сприяло переходу низькопористих верств пісковиків сарматського віку до класу промислових колекторів. Тобто чим ближче розташування шарів низькопористого колектора до базового горизонту, тим більшого розущільнення він зазнає.

Якщо вважати, що усадка колектору горизонту J-h на глибині 1290 м після вилучення газу умовно дорівнює 1, а на відстані 570 м вгору від цієї глибини, тобто на глибині 720 м її вплив на розущільнення порід дорівнює 0, тоді коефіцієнту впливу на розущільнення низькопористих шарів пісковиків ($K_в$) у покрівлі покладів продуктивних горизонтів на різних глибинах залягання продуктивних покладів буде пропорційним їх відстані від основного (базового) покладу горизонту J-h. Коефіцієнт $K_в$ для Рудківського газового родовища можна розрахувати за таким рівнянням:

$$K_в = [H - (H_1 - h_n)] / h_n,$$

де $H$ – глибина залягання покрівлі окремого колектора родовища, м;

$H_1$ – глибина залягання покрівлі основного продуктивного горизонту родовища, м;

$h_n$ – інтервал розвантаження для підроблених пісковиків, м.

Розраховані значення коефіцієнту впливу на розущільнення низькопористих шарів пісковиків у покрівлі покладів продуктивних горизонтів на Рудківському газовому родовищі наведені у таблиці 1. Аналіз отриманних даних вказує на загальний вплив на обсяги приросту запасів газу положення продуктивних колекторів в розрізі. Слід зауважити, що не менш значущу роль у прирості запасів газу на завершальній стадії розробки родовища відіграє наявність потенційних продуктивних колекторів, які на стадії проведення геологорозвідувальних робіт мали низькі значення пористості та проникності. За загальною характеристикою продуктивних пластів-колекторів необхідно враховувати їх кількість, потужність, особливості залягання, геологічну неоднорідність, мінливість властивостей та деякі інші геологічні показники.

**Таблиця 1. Розрахункові значення коефіцієнту впливу на розущільнення пісковиків у покрівлі покладів продуктивних горизонтів на Рудківському газовому родовищі**

| **Індекс горизонту** | **Глибина залягання покрівлі покладу, м** | **Приріст запасів газу, млн. м$^3$** | **Коефіцієнт впливу на розушільнення $K_в$, б/р** |
|---|---|---|---|
| **НД-4** | 740 | 154 | 0,04 |
| **НД-5** | 813 | 215 | 0,16 |
| **НД-7** | 896 | 242 | 0,31 |
| **НД-8-9** | 990 | 0 | 0,47 |
| **НД-10** | 1175 | 715 | 0,8 |
| **J-h** | 1290 | 0 | 1,0 |

**Висновки.** Наведені результати досліджень доводять наявність впливу вилучення газу з покладу найпотужнішого горизонту J-h на формування вторинних техногенних колекторів, отримання додаткових обсягів газу з продуктивних горизонтів НД-4, НД-5, НД-7 та утворення нового (НД-10), який згодом долучився до видобутку, покладу газу промислового значення. Залучення додаткових обсягів газу можна пояснити надходженням газу з новоутворених техногенних колекторів, що сформувалися під дією геомеханічного чинника в процесі тривалої розробки родовища. Формування техногенних колекторів відбулося за рахунок ущільнення основного колектора юрсько-гельветського віку (J-h), деформації породної товщі та розущільнення низькопористих шарів порід, що залягають вище, розвитку процесу тріщинноутворення, збільшення проникності і підвищення їх газовіддачі.

Запропоновано новий методичний підхід до визначення перспективності умов переходу низькопористих шарів пісковиків у колектори, придатні до промислового видобутку газу. Зокрема, запропоновано порядок розрахунків таких показників, як умовна сумарна товщина ефективних пор у колекторі, інтервал розвантаження підроблених пісковиків, коефіцієнт впливу на розущільнення низькопористих пісковиків. Такий підхід, з урахуванням геомеханічного чинника, відкриває перспективу отримання додаткових промислових припливів газу на пізніх стадіях розробки газових та газоконденсатних родовищ, шляхом прогнозування геологічних умов утворення покращених вторинних фільтраційно-ємнісних властивостей, сприятливих для формування техногенних покладів газу.

**Список використаних джерел:**

Атлас родовищ нафти і газу України. Т. 4: Західний нафтогазоносний регіон. [1998] – Львів: Українська нафтогазова академія. – 328 с.

Булат А.Ф., Лукинов В.В., Безручко К.А. [2017] Умови формування газових пасток у вугленосних відкладах. – К.: Наукова думка – 252 с.

Булат А.Ф., Лукінов В.В., Безручко К.А., Круковський О.П., Круковська В.В. [$2018_1$] Геомеханічний чинник надходження додаткових обсягів вільного метану при експлуатації газових родовищ // Доповіді НАН України. – № 8.– С. 25–35.

Булат А.Ф., Круковський О.П., Круковська В.В., Безручко К.А. [$2018_2$] Чисельне моделювання геомеханічних і фільтраційних процесів, що відбуваються в породному масиві при відпрацюванні газових родовищ // Доповіді НАН України. – № 9. – С. 28–34.

Лукинов В.В., Пимоненко Л.И. [2008] Тектоника метаноугольных месторождений Донбасса. – Киев: Наук. думка – 352 с.

Методи прогнозу гірничо-геологічних умов розробки вугільних родовищ: навчальний посібник. / Лукінов В.В., Приходченко В.Ф., Жикаляк М.В. та ін. [2016] – Дніпро: НГУ. – 216 с.

Чебан О.В., Владика В.М. [2007] Перспективи нарощування видобутку газу на старих родовищах Передкарпаття на прикладі Рудківського газового родовища / Проблеми нафтогазової промисловості. Київ. – Вип.5. – С. 326 – 328.

# МІНЕРАЛОГІЯ МЕТАГЕНЕЗУ

***Маметова Л.Ф., Стефанко С.В.***

*Інститут геотехнічної механіки імені М.С. Полякова НАН України, Дніпро,*
*wolya45@gmail.com, arkinstone7@gmail.com*

***Our petrographic researches within the limits of a few districts of Donbas rotined evolutional character the transition of katagenesis and metagenesis. The contrast of border between them is strengthened by tectonic motions. Application of methods of stadial analysis of litology allows to reconstruct terms, a recurrence of transformations in siltages.***

# MINERALOGY OF METAGENSIS

***Mametova L.F., Stefanko S.V.***

**Вступ.** Процеси перетворення осадових порід, їх зміна від катагенезу до перших стадій метаморфізму цікавили як закордонних вчених – Г. Вінклера, Д. Кумбса, М. Тайхмюллера, так і вітчизняних: А.Г. Коссовську, Н.В. Логвиненка, Г.В. Карпову та багатьох інших науковців. З метою збереження системності термінологічного позначення різних стадій процесу змін в науковий обіг введено поняття метагенез *(Курило, 1979; Вассоевич та ін., 1983)* як наступний за катагенезом етап регіональних змін у породах, тобто початок метаморфічних перетворень. В англомовній літературі відповідником метагенезу є анхиметаморфізм. Дослідження осадових товщ у різних регіонах виявили певну зональність перетворень, інтенсивність яких зумовлена зміною тиску, температури, тектонічної активності, гідродинамічного режиму та інших чинників. Метагенетичні ознаки породи набувають внаслідок зростання інтенсивності процесів, які впливають на зміну структури та складу мінералів.

**Аналіз попередніх досліджень, формулювання проблеми та актуальність її вирішення.** Стадію метагенезу ряд дослідників ділить на два ступеня: ранній і пізній *(Курило, 1979; Япаскурт, 2008)*, а деякі пропонують виокремити на початковий (*Деревська, 2004)* і прогресивний метагенез зони глибинних розломів *(Деревська, 2007).* Дослідники мінералогічних змін минулого століття *(Коссовська, 1962; Логвиненко, 1968)* пропонували проводити межу між метагенезом і метаморфізмом по біотитовій ізограді амфіболітової фації або появі в серицито-хлоритовій асоціації преніта. В свою чергу закордонні науковці епігенетичні перетворення визначають на основі розрахунку індексу Кьоблера *(Merriman R.J., Peacor D.R., 1999)* як індикатора впорядкованості структури іліту. Мінімальний вміст смектиту в іліті є граничним значенням між зонами зеленосланцевої фації і метагенезу.

За даними (*Цільмак, 2012*) ступінь перетворення вмісних порід Бобриківського родовища (Донбас) відповідає метагенезу (індекс Кьоблера вкладається в інтервал 0,28º – 0,45º Δ2). Дослідники Бобриківського родовища стверджують, що метасоматоз відбувся у два етапи *(Цільмак та ін., 2012)*. Але сумнівним, на нашу думку, є їх висновок про дію матаморфогенного етапу суцільним фронтом, для якого характерна слабка лужна спеціалізація розчинів. Наступні дослідження прилеглих і сусідніх територій деталізували геохімічні, термічні та динамічні параметри змін.

**Фактичний матеріал та методологія досліджень.** Використано фактичний матеріал авторів з урахуванням праць попередників. Основним методом визначення постдіагенетичних змін осадових порід є літолого-стадіальний аналіз з мінералого-петрографічними дослідженнями їх перетворень. У дослідженнях автора (*Деревська, 2007*), метагенетичних ознак теригенні породи набули внаслідок інтенсивних тектонічних рухів та мають свої температурні ознаки (таблиця 1). До індикаторів метагенезу належать мінерали групи смектитів, іліт (фенгіт), каолініт, польові шпати, уламковий біотит та ін. Ознаками початку раннього метагенезу слід вважати такі фізико-хімічні зміни, які зумовлюють зникнення змішаношаруватих утворень *(Бучинська, 1999; Маметова, 2010)* появу аутигенного мусковіту, преніту. Преніт і пумпелеїт зафіксовані на ділянках тектонічної активізації в асоціації з діоктаедричними хлоритами *(Курило, 2010)* серед вулканогенно-граувакових відмін. За відсутності магматизму метагенетична зональність може пояснюватись інтенсивнішим прогрівом осадових порід в зоні розломів шляхом надходження глибинного тепла під час інверсії тектонічних рухів. Тим паче що деякими авторами було встановлено що перетворення осадових порід зростає в зонах розломів і досягає ступеня пізнього метагенезу *(Деревська, 2007; Япаскурт, 2008; Маметова, 2018).* Зведена схема зміни асоціацій і появи нових мінералів від пізнього катагенезу до початку метаморфізму має наступний вигляд:

– пізній катагенез (або цеолітова фація): дикіт, ломонтит, гідрослюда-1М, хлорит;

– ранній метагенез (преніт- пумпелеїтова): преніт, пумпелеїт, гідрослюда-2М, серицит, хлорит;

– пізній метагенез (пумпелеїт-стильпномеланова): мусковіт-2М (фенгіт), парагоніт, альбіт, стильпномелан, хлорит, нижня межа стійкості фенгіту 300-400º С 4-5 кбар.

Подальший перехід до зеленосланцевої фації засвідчує поява епідоту. Щодо асоціації епідот-мусковіт- хлорит-стильпномелан думки науковців розходяться, тому пропонується виділення самостійної субфації «дозеленосланцевої» як початок метаморфізму.

**Таблиця 1. Термічні умови постседиментаційних змін порід**

| Стадії | Деревська 2002 | Цільмак 2012 | Япаскурт 2012 |
|---|---|---|---|
| Метагенез ранній | 190º | 200º | |
| Метагенез пізній | 270º | | 350º |

**Отримані результати, їх обговорення.** Петрографічні спостереження в пісковиках від пізнього катагенезу до метагенезу засвідчили зміни мінералогічного складу як в уламковому матеріалі, так і в цементі. Прикладом цього є варіації вмісту кварцу з тенденцією до його зменшення в пізньому катагенезі – рисунок 1.

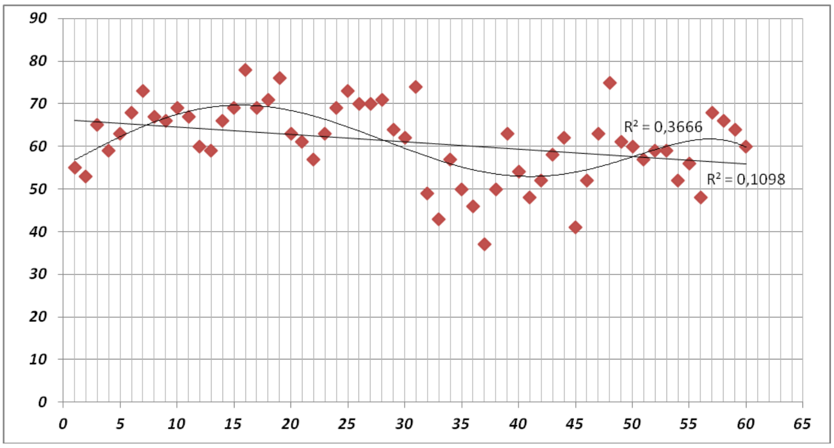


***Рисунок 1.*** *Варіації вмісту кварцу у пізньому катагенезі.*

Вертикальна вісь характеризує вміст кварцу у породі, горизонтальна показує кількість послідовних замірів в продовж росту пізнього катагенезу.

В зоні пізнього катагенезу також фіксується поступове зменшення розмірів зерен уламкового матеріалу, його кількості. З'являються секреційні утворення кварцу в асоціації з кальцитом. Інтенсивність карбонатизації зростає в тектонічних зонах і мікродеформаціях мінералів. Виникають корозійні – рисунок 2, інкорпораційні – рисунок 3, та кварцитовидні структури.

MinGeo
Integration XXI

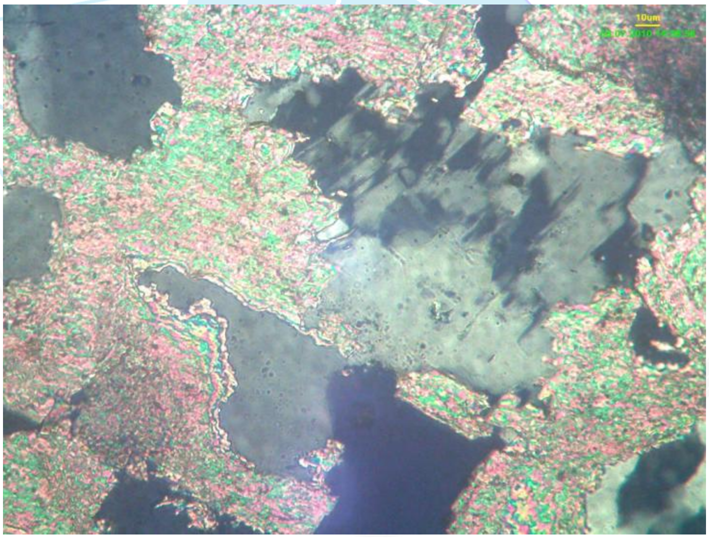


**Рисунок 2.** *Корозія уламків і цементу пісковиків середнього карбону.*

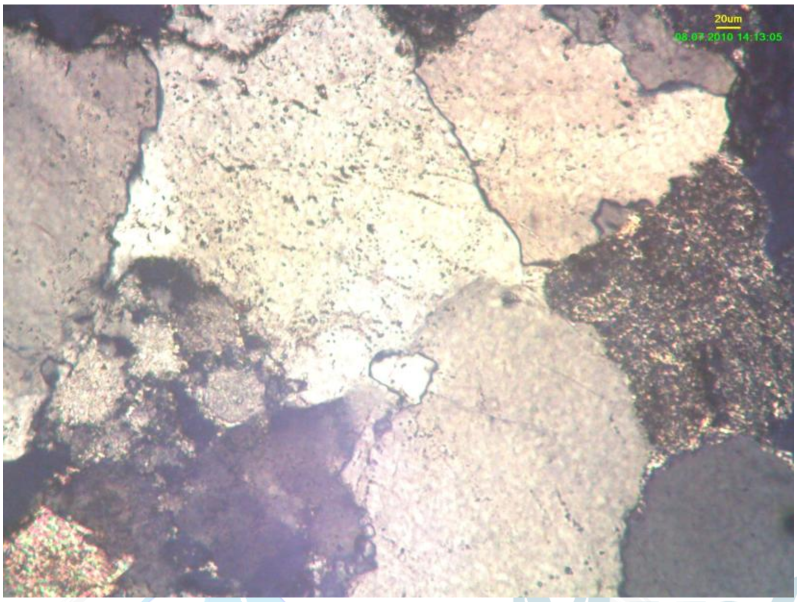


***Рисунок 3**. Інкрпораційна структура пісковиків із слідами стрес-корозії: бьомівськими смужками і зародженням мікростилолітів.*

Заміщення кальцитом кварцу, інших силікатів уламків і цементу вказує на міграційні процеси в умовах варіації тиску також при складкоутворенні. Ранній метагенез хартеризується трансформацією глинистих мінералів, зростанням впорядкованості структури іліту В пізньому метагенезі відсутні гідрослюди, перевага належить сериციту. Протягом прогресивного метаморфізму в глинистій складовій вмісних порід (аргілітах алевролітах) утворюється пірит (дрібні гнізда та фрамбоїди).

**Висновки.** Застосування методів порівняння та ретельного аналізу літології за даними різних авторів, а також при доповненні особистих петрографічних досліджень, дозволяє реконструювати умови, послідовність, циклічність перетворень в осадових комплексах.

Петрографічні дослідження в межах кількох районів Донбасу показали еволюційний характер переходу між катагенезом і метагенезом що чітко фіксується складовими порід мінералами. Контрастність границі між ними надають тектонічні рухи.

**Список використаних джерел:**

Бучинська И.В. [1999] Катагенетичні зміни глинистих порід вугленосних товщ Донецького і Львівсько-Волинського басейнів у зоні глибинного катагенезу / І.В. Бучинська // Геологія і геохімія горючих копалин – Львів – № 1(106). – С. 50-53.

Деревська К.І. [2004] Літогенез платформних осадочних порід на південно-західному схилі Балтійського щита // Наукові праці Інституту фундаментальних досліджень / [відп. ред. В.О. Шумлянський] – К.: Логос – С. 63-73.

Деревська К.І. [2007] Палеогеотермальний режим літогенезу осадово-пордних басейнів пасивної окраїни континенту // Зб. наук. праць інституту фундаментальних досліджень [відп. ред. Л.В. Шумлянський] – К.: Логос – С. 68-83.

Деревська К.І., Шумлянський В.О., Новик В.А. [2002] Постдіагенетичні змінення порід карбону на етапі інверсії і гіпогенного рудоутворення в Донецькому басейні // Аспекти геології металевих і неметалевих корисних копалин. Зб. наукових праць ІГН НАНУ, присвячена пам’яті проф. В.І. Скаржинського – Т.1 – Київ – С. 55–72.

Курило М.В. [1979] Некоторые вопросы перехода осадочных пород в метаморфические // Вопросы геохимии, минералогии, петрологии и рудообразования. Киев: Наукова думка. – С. 120-128.

Курило М.В. [2010] Эволюция жильной минерализации в породах угленосной формации Донбасса // Зб. мат-лів міжнарод. конф. «Сучасні проблеми літології осадових басейнів України та суміжних територій» 9-11 листопада 2010 р. м. Київ. – С.34.

Маметова Л.Ф [2010] Катагенез в зоні поширення антрацитів на прикладі Довжано-Ровенецького району Донбасу Геотехнічна механіка. – № 88. – С. 123-129.

Маметова Л.Ф. [2018] Вторинні перетворення мінералів – інформаційні показники геологічних процесів / «Сучасні проблеми літології осадових басейнів України та суміжних територій» / Зб. наук. праць ІГН НАН України, Том 11. – С. 63-69.

Справочник по литологии [1983] [под ред. Н.Б. Вассоевича, В.Л. Либровича, Н.В. Логвиненко и др.] – М.: Недра. – 509 с.

Цільмак О.В., Скакун Л.З., Серкіз Р.Я. [2012] Еволюція мінерального складу навколожильних метасоматитів Бобриківського золоторудного родовища // Геохімія та рудоутворення – Вип.31-32. – С. 119-126.

Япаскурт О.В. [2008] Генетическая минералогия и стадиальный анализ процессов осадочного породо- и рудообразования [учеб. пособие] / О.В. Япаскурт – М.: ЭСЛАН. – 356с.

Обзор концептуальных проблем литологии [2012] – М.: ГЕОС – 120 с.

Merriman R.J., Peacor D.R. [1999] Very low–grade metapelites: mineralogy, microfabries and measuring reaction progress / Low Grade Metamorphism; Frey & D. Robinson editors. – Blackwell sciences Ltd. Oxford. UK. – P. 10-60.

Meunier A., Velde B. [1989] Solid solutions in I/S mixed-layer minerals and illite // Amer. Miner. – Vol. 74. – P. 10-60.

MinGeo
Integration XXI

# ГЕНЕТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ МОРФОЛОГІЇ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКОГО КАМ'ЯНОВУГІЛЬНОГО БАСЕЙНУ

***Матрофайло М.М.***

*Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів, mmatrofaylo@gmail.com*

***The peculiarities are cited as to the formation of the morphology of coal seams in the territory of the Lviv-Volyn Basin. Zonal change of their morphology, the main genetic criterion of which is the stability factor of accumulation conditions of organic matter of coal, was determined. Three types of morphologic-genetic zones were distinguished. Atectonic and tectonic types of splitting's were determined. Obtained results acquire great significance for studying peculiarities of the structure, forming conditions and the comparative analysis of the coal-bearing formations and the improvement of the methods of morphological analysis of the coal seams.***

# GENETIC PECULIARITIES OF THE MORPHOLOGY OF COAL SEAMS FROM THE LVIV-VOLYN COAL BASIN

***Matrofailo M M.***

**Вступ.** Морфологічний аналіз вугільних пластів є важливим напрямом у вугільній геології, який пояснює походження, утворення сучасної форми і розмірів вугільних пластів та зміни їх параметрів і явищ (потужності, мінливості потужності, будови, ураженості розмивами і розщепленнями, контурів нульової і промислової потужності тощо) на площі *(Матрофайло, 2019)*. Загалом мінливість окремих параметрів природних тіл є об'єктивною і закономірною та не залежить від методів дослідження, визначається з певною точністю і дає можливість лише наблизитись до природної.

Характерною генетичною особливістю вугільних пластів є їх розщеплення, яке поширено у різній мірі у всіх вугільних басейнах і властиве майже усім вугільним пластам. Це явище полягає у розділенні пласта вугілля компактної будови на дві або декілька вугільних пачок відокремлених породними прошарками, зростання потужності яких обумовлює збільшення масштабу розщеплення і загальної товщини пласта. У літературі це питання висвітлено достатньо широко, однак у Львівсько-Волинському басейні (ЛВБ) розщеплення вугільних пластів було охарактеризовано в опублікованих роботах лише останнім часом *(Матрофайло, 1999; Шульга та ін., 1992)*.

**Аналіз попередніх досліджень, формулювання проблеми, актуальність її вирішення.** Розщеплення вугільних пластів досліджувалось геологами багатьох басейнів і у різних напрямах. Зокрема, широко відомі праці В.С. Яблокова (1952), Г.А. Іванова (1967), В.Н. Волкова (1973), А.С. Прокопчено (1977, 1979), В.В. Сергєєва (1976), М.Ф. Пожидаєвої (1980), В.Ф. Шульги (1981), Т.А. Ягуб'янця (1988) та багато ін.

Детальне вивчення морфології вугільних пластів показало, що явище розщеплення, як одна з форм генетичної зміни морфоструктури вугільних пластів, встановлено і у Львівсько-Волинському басейні *(Шульга та ін., 1992; Матрофайло, 1996, 1999, 2010а; Шульга та ін., 1996 і ін.)*. Вперше для басейну, зокрема, була проведена типізація розщеплень Південно-Західного району, встановлено зональну зміну морфології вугільних пластів, головним генетичним критерієм якої є фактор стабільності умов накопичення органічної речовини вугілля, в основі якої лежить розщеплення пластів вугілля, та визначені діагностичні ознаки виділених морфолого-генетичних зон *(Матрофайло, 1996, 1999)*. Проте, морфолого-генетична типізація розщеплень, в якій виділені атектонічні і тектонічні типи, була проведена нещодавно *(Матрофайло, 2010а)*.

Актуальність проведених досліджень полягає у комплексному вивченні процесів літогенезу, обґрунтуванні промислового значення, визначенні основних параметрів і оконтуренні несприятливих для розробки ділянок розщепленя вугільних пластів для стабільного й ефективного видобування вугілля.

**Фактичний матеріал та методологія досліджень.** Для вивчення розщеплень вугільних пластів ЛВБ, мінливості їхньої будови в просторі та взаємозв'язку з покрівлею і підошвою використано морфоструктурний аналіз, палеореконструкції первинної потужності органічної речовини вугільних пластів та безвугільних відкладів, які заміщають їх по простяганню у зоні розщеплень, методи кореляції і картографічних побудов (карти морфології вугільних пластів) тощо *(Матрофайло, 2017, 2019)*.

Для визначення природи тектонічних і атектонічних розщеплень вугільних пластів у ЛВБ застосовувалися методичні способи, які ґрунтуються на палеореконструкції (з урахуванням коефіцієнтів ущільнення відкладів) і порівнянні потужностей вихідної органічної речовини вугілля і породних відкладів у суцільній (компактній) частині вугільного пласта і у зоні його розщеплення. Для порід ЛВБ прийняті наступні коефіцієнти скорочення потужності: пісковиків – 1,2; алевролітів – 1,9; аргілітів – 2,34. Середнє значення коефіцієнта усадки потужності вихідної органічної речовини вугілля в ряді $Т_{зр}$ – К, розраховане по пластах $n_7^в$, $n_8$, $n_8^в$, $n_9$ басейну, становить 4,8 *(Матрофайло, Костик, 2006)*.

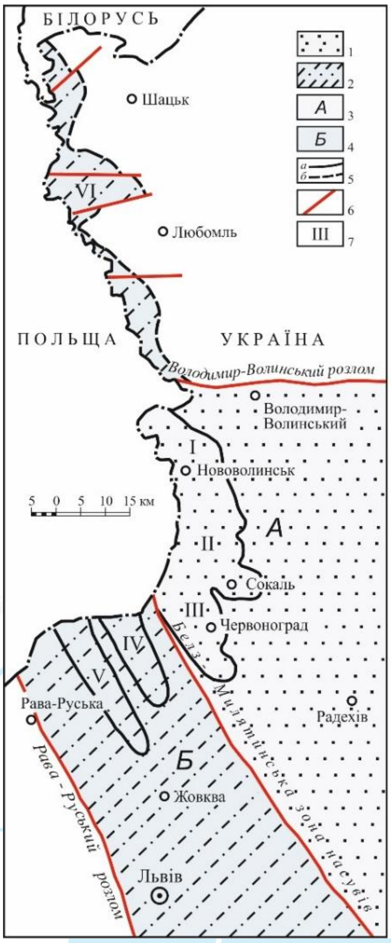
**Отримані результати, їх обговорення.** Виконані морфологічні дослідження основних промислових вугільних пластів басейну дозволяють зробити висновок, що вони характеризуються розщепленням того чи іншого типу і відрізняються просторовим розташуванням, формою в плані, площею поширення ділянок розщеплення, напрямком і конфігурацією їх границі, товщиною і будовою розщеплених вугільних пачок тощо. У ЛВБ встановлені атектонічні і тектонічні типи розщеплень та проведена їх морфолого-генетична типізація (таблиця 1) *(Матрофайло, 2010а).* Застосовуючи наведену методику встановлено, що переважна більшість розщеплень вугільних пластів басейну утворилась внаслідок дії тектонічних процесів, які обумовлювали нерівномірне прогинання території торфонагромадження.

**Таблиця 1. Морфолого-генетична типізація розщеплень вугільних пластів *(Матрофайло, 2010а)***

| Ознаки розщеплення вугільних пластів | Типи розщеплень | |
|---|---|---|
| | атектонічні | тектонічні |
| Реконструйована потужність нерозщепленої і розщепленої частин вугільного пласта | Приблизно однакова | Значно збільшена в зоні розщеплення |
| Потужність породного прошарку в зоні розщеплення, м | До 1,55 | До 9,35 |
| Градієнт розщеплення, м/км | 0,1–5,6 | 0,1–28,4 |
| Поширення вуглистих аргілітів у зоні розщеплення | Широке | Обмежене |
| Конфігурація лінії розщеплення | Переважно овальні | Лінійні хвилясті |
| Площа зони розщеплення, $км^2$ | 0,26–3,9 | 21,9–112,7 |

За формою і походженням, відповідно до загально відомої класифікації Г.О. Іванова *(Иванов, 1967)*, у вугленосній формації ЛВБ переважне поширення має біфуркація пластів вугілля, яка властива прибережно-морському (прибережно-басейновому) типу вуглеутворення.

Розподіл виділених типів розщеплень вугільних пластів на території басейну має зональний характер (рисунок) *(Матрофайло, 1999, 2010б; Безручко, Матрофайло, 2015)*. В центральній і північно-східній частині ЛВБ, яка розташована в межах тектонічно пасивної зовнішньої області Львівського палеозойського прогину (Волинське, Забузьке і Межирічанське родовище), переважають атектонічні розщеплення. Для південно-західної частини басейну, яка розташована у внутрішній зоні прогину (Південно-Західний вугленосний район – Тяглівське і Любельське родовища), і крайній північно-західній (Ковельська площа), які відрізняються значним проявом тектонічних рухів, більш властиві тектонічні розщеплення вугільних пластів. Границі між виділеними зонами збігаються з Белз-Милятинською зоною насувів і Володимир-Волинським (Північним) розломом. Слід зазначити, що поширення генетичних типів розщеплень тісно пов'язане зі структурними особливостями території ЛВБ.



*Зони переваги розщеплення пластів:* 1 – атектонічних, 2 – тектонічних; 3, 4 – частини Львівського палеозойського прогину: 3 – зовнішня, 4 – внутрішня; 5 – контур промислової вугленосності (*а*), поширення карбонових відкладів (*б*); 6 – розривні тектонічні порушення; 7 – вугільні родовища і площі: I – Волинське, II – Забузьке, III – Межирічанське, IV – Тяглівське, V – Любельське, VI – Ковельська вугленосна площа.

***Рисунок 1.*** *Поширення морфолого-генетичних типів розщеплень вугільних пластів на території ЛВБ (Матрофайло, 2010б; Безручко, Матрофайло, 2015).*

На території ЛВБ вугільні пласти унаслідок розщеплень мають зональну зміну їх морфології і відрізняються морфолого-генетичною зональністю. Зони I типу – простої (переважно простої, без породних прошарків) будови пласта; II типу – неоднорідної складної будови пласта; III типу – розщеплення – значного збільшення породного прошарку. Вугільні пласти відрізняються за кількістю виділених морфолого-генетичних зон, їхньою площею поширення, формою, розташуванням у плані, простяганням та змінами, які відбулися внаслідок розмивів тощо.

У більший частині басейну поширені морфолого-генетичні зони I і II типів – це площі, на яких наявні пласти простої і неоднорідної складної (нерозщепленої) будови, що утворилися за умов стабільного й порівняно стабільного нагромадження органічної речовини. Морфолого-генетичні зони III типу, які формувалися за нестабільних умов нагромадження фітомаси, приурочені, головно, до Південно-Західного вугленосного району ЛВБ (пласти $n_7^{н}$, $n_7$, $n_7^{в}$, $n_8^{в}$ і $n_9$). У Нововолинському й Червоноградському вуглепромисловому районі розщеплені такі пласти: $n_7$ – на Волинському родовищі, $n_7^{в}$ – на Забузькому, $n_8$ – на Межирічанському, а вугільний пласт $v_0^3$ – у межах Ковельської вугленосної площі.

**Висновки.** На основі проведеної палеореконструкції первинної потужності рослинної маси вугільних пластів і безвугільних відкладів, які заміщують їх уздовж простягання у зоні розщеплень, з урахуванням коефіцієнтів ущільнення порід, у Львівсько-Волинському басейні виділені тектонічні і атектонічні типи розщеплень.

Встановлено зональну зміну морфології основних промислових пластів вугілля, головним генетичним критерієм якої є фактор стабільності умов накопичення органічної речовини вугілля. Виділено три типи морфолого-генетичних зон.

За формою і походженням у вугленосній формації басейну переважне поширення має біфуркація вугільних пластів, яка характеризується розділенням суцільного пласта на дві і більше (складна біфуркація) пачки. Випадки складної біфуркації, коли пласт розщеплюється на три і більше вугільних пачок, поширені переважно в Південно-Західному районі і на Ковельській вугленосній площі басейну.

Викладений матеріал має значення для встановлення особливостей будови і умов утворення вугленосних відкладів ЛВБ і їхнього порівняння з іншими типовими карбоновими вугільними басейнами та розвитку методики морфологічного аналізу покладів вугілля.

**Список використаних джерел:**

Безручко К.А., Матрофайло М.М. [2015] Типизация и площадное распространение расщеплений угольных пластов Львовско-Волынского бассейна // Науковий вісник НГУ. – 2015. – Вип. № 4. – С. 5–12.

Матрофайло М.М. [1996] Морфологія вугільних пластів Південно-Західного вугленосного району Львівсько-Волинського басейну: автореф. дис. … на здобуття наук. ступеня канд. геол.-мін. наук : спец. 04.00.16; ІГГГК НАНУ. – Львів. – 21 с.

Матрофайло М.М. [1999] Особливості морфології основних промислових пластів Південно-Західного району Львівсько-Волинського басейну // Геологія і геохімія горючих копалин. – № 1 (106). – С. 44-49.

Матрофайло М.М. [2010а] Атектонічні розщеплення вугільних пластів Львівсько-Волинського кам’яновугільного басейну // Стан і перспективи сучасної геологічної освіти та науки: наук. конф., присвячена 65-річчю геол. фак-ту ЛНУ ім. Ів. Франка (Львів, 13–15 жовт. 2010 р.) : тези доп. – Львів: ЛНУ ім. Ів. Франка. – С. 141-142.

Матрофайло М.М. [2010б] Генетичні типи розщеплень вугільних пластів Львівсько-Волинського кам’яновугільного басейну // Вісник Львів. ун-ту. Серія геол. – Вип. 24. – С. 183-194.

Матрофайло М.М. [2019] Морфологічний аналіз покладів вугілля Львівсько-Волинського кам’яновугільного басейну // Здобутки і перспективи розвитку геологічної науки в Україні: Збірник тез наукової конференції, присвяченої 50-річчю Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка (Київ, 14–16 травня 2019 р.). У 2-х томах / НАН України, Ін-т геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка. – Київ. – Т. 2. – С. 64-66.

Матрофайло М.М., Костик І.О. [2006] Визначення скорочення потужности вугільних пластів в процесі вуглефікації (на прикладі Львівсько-Волинського кам’яновугільного басейну) // Проблеми геології та нафтогазоносності Карпат: Тези доп. Міжнар. Наук. Конф. До 100-річчя від дня народження чл.-кор. НАН України М.Р. Ладиженського та 55-річчя Ін-ту геології і геохімії горюч. копалин НАН України (Львів, 26–28 верес. 2006 р.). – Львів: ТзОВ «ПРОМАН» – «Прес-Експрес-Львів» – С. 143–145.

Шульга В.Ф., Лелик Б.И., Гарун В.И. и др. [1992] Атлас литогенетических типов и условия образования угленосных отложений Львовско-Волынского бассейна / Отв. ред. А.Я. Радзивилл. – Киев: Наук. думка – 176 с.

Шульга В.Ф., Храпкин С.Г., Гирный Е.О. и др. [1996] Проявление конседиментационных тектонических движений в Львовско-Волынском угольном бассейне // Доп. НАН України. – № 1. – С. 68–72.

# ЛІТОЛОГІЧНІ ТА ФАЦІАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ КІМЕРИДЖ-ТИТОНСЬКИХ ВІДКЛАДІВ ЗОВНІШНЬОЇ ЗОНИ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО ПРОГИНУ В АСПЕКТІ ЇХ ПОТЕНЦІЙНОЇ НАФТОГАЗОНОСНОСТІ

***Мороз М.В.***

*Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів, martamgv69@gmail.com*

***The main purpose of this work is styding of lithology features of sedimentary complex of Kimmeridgian-Tithonian age within Outher zone of the Carpathian Foredeep. Methods include lithofacial and mineralogy-petrographical analyses. For Kimmeridgian-Tithonian deposits the lithological sections were built, the lithological facies were singled out and its areal distribution was elucidated. Lithological maps of Kimmeridgian-Tithonian deposits of Outher zone of the Carpathian Foredeep were built. Lithology structure of sections of Kimmeridgian-Tithonian deposits has been determined. It is presented with variable interlayering of carbonate (limestone, dolomites, marlstones), sulphate (anhydrites) and terrigenous rocks (sandstones, siltstones, argillites).The types of sections of Kimmeridgian deposits has been distinguished: limestone, dolomite-marlstone-limestone, limestone-dolomite, anhydrite-dolomite, dolomite, anhydrite. For Tithonian strata there are: limestones everywhere, marlstones-limestones in the central part, and dolomites-limestones types of section in the south-eastern part; which are characterized by lateral zonality of distribution. Reef, backreef and lagoon lithofacies have been established as a part of Kimmeridgian deposits. For Tithonian deposits, in addition to the above, the lithofacies of tidal shallows of the shelf were singled out. Deposits of forereef and backreef lithofacies of Kimmeridgian-Tithonian age are considering to be promising in terms of oil and gas bearing.***

# LITHOFACIES FEATURES OF KIMMERIDGIAN-TITHONIAN DEPOSITS OF OUTHER ZONE OF THE CARPATHIAN FOREDEEP IN THE ASPECT OF ITS POTENTIAL OIL AND GAS BEARING

***Moroz M. V.***

**Вступ.** Значна кількість світових покладів нафти та газу пов’язана з карбонатними і евапоритовими породами-колекторами. Передусім це стосується верхньоюрських відкладів Європи, Середземномор’я та Близького Сходу *(Аркелл, 1961)* та *(Хэллем, 1978).*

На території України осадові комплекси юрського віку простежуються на різних глибинах у Передкарпатському прогині та прилеглій частині Східно-Європейської платформи. У згаданих відкладах Зовнішньої зони Передкарпатського прогину відкрито 44 родовища вуглеводнів. З них 42 газові та газоконденсатні та лише два нафтові – на північному заході – Коханівське, а на південному сході – Лопушнянське *(Атлас, 1998).*

**Аналіз попередніх досліджень, формулювання проблеми та актуальність її вирішення.** У Передкарпатському прогині юрські нашарування виявлені у 50- тих роках минулого сторіччя у результаті інтенсивних пошуково-розвідувальних робіт на нафту та газ. Літологічні дослідження проводились з метою відкриття нових та оконтурення відомих родовищ вуглеводнів. У складі верхньоюрських нашарувань Зовнішньої зони Передкарпатського прогину Я.М. Сандлер і Г.П. Ворона (*Сандлер, Ворона, 1955)* у комплексі верхньої юри знизу вверх виокремили: 1) доломіти і доломітизовані вапняки; 2) доломітизовані вапняки з ангідритами і брекчії; 3) вапняки різного типу. Утробін

В.М. *(Утробин, 1958)* вирізнив верхній відділ, що об’єднував нижнівську і строкату світу. Остання складена перешаруванням вапняків, доломітів, ангідритів, мергелів і строкатих аргілітів. В.Г Дулуб, В.С. Буров, М.І. Бурова, І.Б. Вишняков (*Буров и др., 1983*) удосконалили стратиграфічну схему В.М. Утробіна у якій відклади кімеридж-титонського віку у південно-східній частині прогину виділені у рава-руську (кімеридж) та нижнівську (титон) світи. Я.М. Сандлер, А.П. Сень, Г.П. Ворона *(Сандлер та ін., 1963)* за літологічними особливостями і фауністичною характеристикою відклади верхньої юри поділили на дві товщі: доломітово-ангідритову (келовей) і вапнякову (оксфорд-титон). Для виділених ярусів складені літолого-фаціальні схеми. У кімеридж-титонському осадовому комплексі виокремлено мілководно-карбонатні фації. І.Б. Вишняков *(Осадконакопление, 1985)* на основі літологічних досліджень побудував літофаціальні схеми світ: рава-руської та опарської (нижня частина) (кімеридж), нижнівської та опарської (верхня частина) (титон). На них відображені групи літофацій для порід: 1) кімеридзького віку – передрифові, рифові, зарифові і депресійна (нижня частина опарської світи); літофації обширного напівізольованого шельфу, де періодично виникали умови лагуни чи внутрішнього шельфу (рава-руська світа); 2) титонського віку – передрифові, рифові, зарифові і депресійна (верхня частина опарської світи); карбонатні літофації мілководного шельфу, що мають вільний зв’язок з відкритим морем (нижнівська світа).

Отже, літологія та фації верхньоюрських нашарувань досліджувалися ще у 50-80 роках минулого сторіччя. Тому існуючі літологічні схеми Я.М. Сандлера та І.Б. Вишнякова потребують перегляду та удосконалення на основі матеріалів буріння нових свердловин. Вивчення особливостей літологічної будови товщі, проведення побудови та зіставлення розрізів згаданих відкладів сприятимуть деталізації певних питань стратиграфічного характеру, з’ясуванню просторово-вікового поширення осадових комплексів різного складу та генезису. Це слугуватиме геологічною основою для обґрунтованішого прогнозу просторово-вікового поширення нафтогазоперспективних об’єктів, пов’язаних насамперед з доломіто-вапняковими акумулятивними тілами.

**Фактичний матеріал та методологія досліджень.** Матеріалом для проведення досліджень слугували зразки порід з 42 глибоких свердловин, що розкрили верхньоюрські відклади у межах Зовнішньої зони Передкарпатського прогину. З метою встановлення просторового розвитку згаданих утворень, проведене їх детальне мінералого-петрографічне дослідження, що доповнювалося даними літогенетичної інтерпретації результатів ГДС. На підставі цього побудовані розрізи нашарувань кімеридж-титонського віку. Автором проаналізовані існуючі на даний час літофаціальні схеми Я.М. Сандлера *(Сандлер, 1969)* та І.Б. Вишнякова *(Осадконакопление, 1985)* і зроблено свою деталізацію з елементами біолітофацій для окремих площ району досліджень на основі матеріалів буріння нових свердловин та побудовано літологічні карти кімеридзьких та титонських відкладів Зовнішньої зони Передкарпатського прогину у вимірі 1:200 000.

**Отримані результати, їх обговорення.** У межах Зовнішньої зони Передкарпатського прогину верхньоюрські нашарування перекриті потужною товщею крейдових та неогенових утворень. Відклади кімеридж-титонського віку поширені майже повсюдно за винятком вузьких смуг на північному заході від району м.Нагачева до м.Комарно, на південному сході від району м.Отинія до м.Заболотів й від с.м.т.Лопушна до с.Фальків та кордону з Румунією. На північ від Сторожинецького розлому утворення пізньоюрського віку відсутні.

Юрські відклади залягають трансгресивно на розмитій поверхні палеозою. Зокрема на площах Кадобно, Богородчани-Парище, Солонець нашарування пізньоюрського віку перекривають утворення середнього палеозою (нижнього девону)?, а на площі Гринівка – нижнього палеозою (кембрію і ордовику).

Відклади ***кімеридзького*** віку трансгресивно нарощують розріз оксфордських нашарувань чи неузгоджено залягають на породах палеозойського або середньоюрського (байос-батського) віку.

Літофації Опарського рифу представлені органогенно-уламковими вапняками з форамініферами, кодієвими та дазикладацієвими водоростями та біогермними вапняками. Зарифові літофації складені грудкувато-копролітовими, копролітовими вапняками та грудкуватими вапняками з черепашками пелеципод, форамініфер міліолід та дазикладацієвих водоростей, дрібнозгустковими вапняками з харовими водоростями. Лагунні літофації характеризуються перешаруванням доломітів з глинистими доломітами чи перешаруванням ангідритів з глинистими ангідритами.

Регресивна стадія карбонатного циклу в середині кімеридзького часу зафіксована у вигляді вапнякових гравелітів та вапнякових гравеліто-пісковиків.

Відклади ***титонського*** віку трансгресивно перекривають утворення кімериджу, а подекуди неузгоджено залягають на породах середньоюрського та палеозойського віку.

Літофації припливно-відпливних обмілин шельфу представлені оолітовими, пелітоморфними, грудкуватими з черепашками форамініфер, копролітовими вапняками з стулками черепашок пелеципод, гастропод та з копролітами *Favreina salevensis Parejas.* Літофації Опарського рифу складені органогенно-уламковими, органогенно-полідетритовими, біогермними та пелітоморфними вапняками. Органогенно-уламкові вапняки містять гідрокорали, кодієві та дазикладацієві водорості, строматопори, рештки голкошкірих, черепашки гастропод, форамініфери міліоліди, літуоліди, псевдоцикламіни. Зарифові літофації титонського віку характеризуються наявністю грудкуватих, згусткових, водоростево-грудкуватих вапняків із дазикладацієвими водоростями *Clypeina jurassica Favre*, форамініферово-грудкуватих та форамініферово-згусткових відмін порід. Органогенно-уламкові вапняки зарифових літофацій складаються з решток кодієвих, дазикладацієвих, а подекуди й багряних водоростей і коралів. Лагунні літофації представлені глинистими ангідритами, доломітами, доломітами вапняковими та мергелями.

Верхня частина титонського ярусу повсюдно розмита. Регресивна стадія осадового шельфового карбонатного циклу у пізньому титоні проявилися наявністю оолітових вапняків на припливно-відпливних обмілинах шельфа, пелітоморфних вапняків на соляних рівнинах (себхах) та появою локальних біогермів у південно-східній частині Зовнішньої зони Передкарпатського прогину *(Уилсон, 1980).*

Загальновідомо, що резервуаром для утримання вуглеводнів можуть бути морські карбонатні утворення до яких належать давні рифові споруди і прилеглі до них передрифові та зарифові відклади *(Карпенчук та ін., 2006)*. У районі досліджень рифові споруди слід очікувати на піднятому крилі Судововишнянського розлому, оскільки рифові фації локалізуються виключно у смузі максимально піднятих блоків. За наявності колектора і сприятливих структурних умов, скупчення вуглеводнів можна прогнозувати у передрифових і зарифових відкладах. Про це свідчать вже відкриті родовища, пов’язані з зарифовими відкладами (до прикладу, Коханівське, Рудківське та Лопушнянське). Дослідження показали, що карбонатні породи передрифової фації на площах Никловичі, Кароліна, Грушів, Орховичі теж насичені вуглеводнями *(Карпенчук та ін., 2006)*. У південно-східній (піднасувній) частині прогину прогнозується розвиток локальних рифових тіл, що пов’язані з Ковалівським і Косівським розломами у межах

Бісківської та Сегівської площ (за матеріалами літогенетичної інтерпретації результатів ГДС та палеоекологічними чинниками) *(Гаврилишин, Граб, 1996)*.

**Висновки:** Літологічна структура розрізів верхньоюрських (кімеридж-титонських) відкладів представлена нерівномірним перешаруванням карбонатних (вапняки, доломіти, мергелі), сульфатних (ангідрити) та теригенних порід (пісковики, алевроліти, аргіліти). Виокремлено типи розрізу кімеридзьких відкладів: вапняковий, доломіто-мергельно-вапняковий, вапняково-доломітовий, ангідрито-доломітовий, доломітовий, ангідритовий. Для титонських нашарувань вирізнено: повсюдно вапняковий, у центральній частині мергельно-вапняковий, а у південно-східній частині – доломітово-вапняковий типи розрізу; які характеризуються латеральною зональністю поширення.

У складі кімеридзьких відкладів встановлено рифові, зарифові та лагунні літофації. Для відкладів титону, окрім вище згаданих, виокремлено літофації припливно-відпливних обмілин шельфу *(Мороз, 2012)*.

Перспективиними у нафтогазоносному відношенні вважаємо відклади передрифових і зарифових літофацій кімеридж-титонського віку.

### Список використаних джерел:

Аркелл В. [1961] Юрские отложения Земного шара. – М.: Изд-во иностранной л-ры – 301с.

Атлас родовищ нафти і газу України. Західний нафтогазоносний регіон –Т. IV./ під ред. Федишина В.О., Вуля М.Я., Денеги Б.І. [1998] – Львів, Центр Європи – 328с.

Гаврилишин В.І., Граб М.В. [1996] Про знахідку юрських рифогенних утворень в автохтоні піднасуву Карпат (район Лопушна) // Геологія і геохімія горючих копалин.– №3-4.– С. 125-131.

Карпенчук Ю.Р., Жабіна Н.М., Анікеєва О.В. [2006] Особливості будови і перспективи нафтогазоносності верхньоюрських рифогенних комплексів Більче-Волицької (Зовнішньої) зони Передкарпатського прогину // Геологія і геохімія горючих копалин. – № 2.– С. 44-52.

Мороз М.В. [2012] Літологія верхньоюрських відкладів Зовнішньої зони Передкарпатського прогину / автореф. дис. канд. геол. наук. – Львів, СПД ФО Оганесян Ю.А. – 24с.

Осадконакопление и палеогеография запада Восточно-Европейской платформы в мезозое [1985] / под ред. Григялиса А.А., Монкевича К.Н., Вишнякова И.Б., Сеньковского Ю.Н. и др. – Минск: Наука и техника – 216 с.

Сандлер Я.М., Ворона Г.П. [1955] Літологічна характеристика верхньоюрських відкладів західних областей УРСР // Наукові записки Природознавчого музею Львівськогофіліалу АН УРСР. – Т. IV. – С.55-58.

Сандлер Я.М., Сень А.П., Ворона Г.П. [1963] Литолого-стратиграфическая характеристика и перспективы нефтегазоносности юрских отложений юго-западной окраины Русской платформы и Внешней зоны Предкарпатского прогиба // Материалы по нефтегазоносности Украины. Труды УКРНИГРИ. – М.: Гостоптехиздат. – С. 86-87.

Сандлер Я.М. [1969] Стратиграфія юрських відкладів УРСР: Передкарпаття прилеглі частини Руської платформи // Стратиграфія УРСР. – К.– Т.7: Юра. – С.144-163.

Уилсон Дж.Л. [1980] Карбонатные фации в геологической истории. – М.: Недра.– 463 с.

Утробин В.Н. [1962] Основные черты стратиграфии юрских отложений Предкарпатского прогиба и юго-западной окраины Русской платформы // Доклады АН СССР. – Геология. –Т. 147 – №4.– С.908-911.

Хэллем А. [1978] Юрский период. – Л.: Недра. – 272с.

# ГЕОХІМІЧНА СПЕЦИФІКА ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ СОЛЬОВИХ ХЛОРАТОРІВ ЗАПОРІЗЬКОГО ТИТАНО-МАГНІЄВОГО КОМБІНАТУ

***Петрова Л.О.,***[1] ***Чернієнко Н.М.,***[2] ***Белєвцев Р.Я.***[1]

*[1]ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України»,*
*Київ, diamant775@ukr.net*
*[2]Український інноваційний центр «Геос XXI сторіччя»,*
*Київ, nataly.kiev@ukr.net*

***The performed works showed that the spent wastes of chloride melt of salt chlorinators of Zaporizhia Titanium-Magnesium Combine (ZTMC) according to X-ray and spectral analysis have high concentrations of some metals and rare earth elements, namely: Nb, Rb, Y, Zr, Cu, Mo.***
***In the lying waste of salt chlorinator in comparison with fresh waste, the content of Nb increases by 1 order and the order of Rb decreases by 1 order of magnitude.***
***During storage of industrial waste the content of Y Nb, Rb, Y, Zr, Cu, Mo., Zr did not change.***
***The presence of high concentrations of Nb, Rb, Y, Zr, Cu, Mo indicates that they can be used as an alternative raw material for these elements.***

## GEOCHEMICAL SPECIFICITY OF INDUSTRIAL WASTE OF SALT CHLORATORS OF ZAPOROZHYE TITANIUM & MAGNESIUM COMBINE

***Petrova L.A., Cherniyenko N.M., Belevtsev R.Y.***

**Вступ.** Робота численних промислових підприємств, що використовували і викоритовують недосконалі ресурсоємкі технології, в Україні призвела до накопичення прилизно 23-25 млрд.т промислових відходів на площі понад 160 тис. гектарів *(Кропива, 2006)*. Серед них і ті, що вміщують кольорові метали та рідкоземельні елементи. *Зміна фізико-хімічних параметрів у системі технологічне середовище — гіпергенне середовище призводить до постійного чи часткового руйнування хімічних сполук та мінералів, які потрапили з технологічного процесу на земну поверхню*. Внаслідок гіпергенних геохімічних процесів відбувається вивільнення металів із сполук чи мінералів відвальних та шламових порід з подальшим їх розсіюванням чи акумуляцією в промислових відходах та на геохімічних бар'єрах.

Наявність у промислових відходах кольорових металів та рідкоземельних елементів, іноді в близькорудних концентраціях, спонукає їх вивчення не тільки з погляду їхнього впливу на навколишнє середовище, але і як їх поведінки в техногенному середовищі та альтернативного джерела металів і рідкоземельних елементів для промисловості та для нанотехнологій.

**Аналіз попередніх досліджень, формулювання проблеми, актуальність її вирішення.** Промислові відходи Запорізького титано-магнієвого комбінату (ЗТМК) в основному досліджувалися на наявність в них токсичних елементів з погляду екологічної безпеки Інститутом «Титану» м. Запоріжжя.

Вивчення хімічного та речовинного складу деяких промислових відходів провдилося Інститутом геологічних наук НАН України в 2000-х роках *(Галецький та ін., 2004; Галецький, Петрова, 2005)*.

Також відпрацьований розплав сольового хлоратора досліджувався, як сировина для рафінування магнієвого сплаву *(Шаломієв та ін., 2008)*.

Мінеральний та хімічний стан промислових відходів, в основному, нестабільний і варіює в часі в залежності від зміни технологічного процесу та геохімічної обстановки, в якій зберігаються відходи. Наявність в них кольорових металів та рідкоземельних елементів може бути додатковим джерелом їх надходження для промисловості та нанотехнологій.

Однією з проблем вивчення промислових відходів є неоднорідність їх речовинного та мінерального складу, новоутворення на посттехнологічній стадії збереження промислових  відходів у гіпергенному середовищі, робота деякою мірою дозволяє проаналізувати стан влежалих відходів відпрацьованого розплаву сольового хлоратора за мікроелементним складом порівняти їх зі свіжими відходами, та отримати динаміку вмісту деяких мікроелементів у часі.

**Фактичний матеріал та методологія досліджень.** Основою для вивчення були промислові відходи Запорізького ТМК, а саме влежалі відходи відпрацьованого розплаву сольового хлоратора (хлоридний розплав) для вивчення хімічного, речовинного складу та перспективи їх повторного використання, як ресурсоперспективних на метали.

Опробування проводилося по профілям закладеним вхрест траншей сховища влежалих промислових відходів з інтервалом 100 м та кроком опробування 35 м. Відбиралися рядові проби для вивчення речовинного складу промислових відходів на вміст хімічних елементів та мінеральний склад.

Рядові проби відбиралися з копуш глибиною (в середньому) 0,7 м. Спосіб відбору – точений. Вага проби – 1-1,5 кг. Додатково були закладені шурфи глибиною до 3-х метрів з відбором бороздових проб з інтервалом 0,2 - 1 м.

Лабораторні аналізи проводилися в Центральній лабораторії Казенного підприємства «Кіровгеологія» на:

– напівкількісний спектральний аналіз на 47 хімічних елементів (90 проб)
– кількісний рентгено-спектральний аналіз на 18 хімічних елементів (25 проб)
– силікатний аналіз на 18 хімічних сполук (7 проб)
– мінералогічний

**Отримані результати, їх обговорення.** Серед промислових відходів ЗТМК 95% складають відпрацьовані відходи хлоридного розплаву сольових хлораторів і пульпи гіпохлораторів. Відвальні відходи мають глинистоподібну структуру, іноді обводнену з хлоридним випаруванням. В глинистоподібних промислових відпрацьованих відходах хлоридного плаву також іноді зустрічаються титанові обкотиші та обломки кремнію.

Промислові відходи хлоридного плаву збагачені титановміщуючим компонентами з домішками рутилу до 20%, в незначній кількості присутні вюсцит, гідроксиди заліза, мартит, анатаз, гранат, амфібол, біотит, карбонат, хлорити. Серед рутилу зафіксований різновид ільменорутилу, в якому за даними мікроспектрального лазерного аналізу встановлений Nb до 0,04%, Zr до 0,03-4%, а також спостерігається збагачення в титановому шлаці Nb до 3%, Sc до 0,006%. Sc концентрується у фракції, в основному, складеній з біотиту, амфіболу та ільменорутилу.

За даними лабораторії ЗТМК відходи відпрацьованого розплаву сольового хлоратору збагачені від 2,5 до 60% солями хлору, $Fe_{\text{загальне}}$ становить 9 – 12, 5%, за даними ренгено-спектрального аналізу та спектрального напівкількісного аналізу (Центральної лабораторії Казенного підприємства «Кіровгеологія») вони мають високіконцентрації  Nb, Rb, Y, Zr, Cu, Mo, Sc, V (Таблиця 1).

Для порівняння хімічного і мінерального складу свіжих і влежаних відходів відпрацьованого розплаву сольового хлоратору були відібрані проби в цеху ЗТМК.

Проби відпрацьованого розплаву виробництва губчатого титану відібрані в цеху Запорізького титано-магнієвого комбінату за даними мінералогічного аналізу мають

MinGeo
Integration XXI

наступний склад: гідроксиди заліза, карбонат, в невеликій кількості – магнетит, пірит, силіманіт, гранат, біотит, амфібол, кварц та ільменорутил.

**Таблиця 1. Високі концентрації металів та рідкоземельних елементів у промислових відходах відпрацьованого плаву сольового хлоратору та пульпи гіпохлоритної ЗТМК**

| №п/п | Метали та TR | Валовий вміст в % | |
|---|---|---|---|
| | | за результатами ренгено-спектрального аналізу | за результатами спектрального напівкількісного аналізу |
| 1 | Nb | 0,11 | |
| 2 | Rb | 0,0033 | |
| 3 | Y | 0,0030 | |
| 4 | Zr | 0,16 | |
| 5 | Cu | 3,7 | |
| 6 | Mo | 0,0012 | |
| 7 | Sc | | 0,0013 |
| 8 | V | | 0,05 |

За даними за результатів ренгено-спектрального аналізу та спектрального напівкількісного аналізу вони мають високий вміст Nb, Rb, Y, Zr, Yb, Mn, Sc, Cr, Se, Ta, W (Таблиця 2).

**Таблиця 2. Високі концентрації металів та рідкоземельних елементів у рештках відпрацьованого плаву виробництва губчатого титану відібраного в цеху Запорізького титано-магнієвого комбінату**

| №п/п | Метали та TR | Валовий вміст в % | |
|---|---|---|---|
| | | за результатами ренгено-спектрального аналізу | за результатами спектрального напівкількісного аналізу |
| 1 | Nb | 0,0160 | |
| 2 | Rb | 0,0122 | |
| 3 | Y | 0,007 | |
| 4 | Zr | 0,29 | |
| 5 | Yb | | 0,005 |
| 6 | Mn | | 3 |
| 7 | Sc | 0,018 | 0,005 |
| 8 | Cr | | 0,28 |
| | Se | 0,0002 | |
| | Ta | 0,0004 | |
| | W | 0,001 | |

**Висновки.** В результаті проведеного дослідження встановлено, що:

1. У влежалих відходах сольового хлоратору в порівнянні зі свіжими відходами на 1 порядок збільшується вміст Nb і на 1 порядок зменшується вміст Rb. Вміст Y, Zr не змінився за час збереження промислових відходів.

2. В результаті проведеного дослідження встановлено, що відпрацьовані відходи хлоридного розплаву сольових хлораторів Запорізького титано-магнієвого комбінату (ЗТМК) мають високі концентрації деяких металів та рідкоземельних елементів, а саме:

Nb, Rb, Y, Zr, Cu, Mo, що робить їх перспективними, як вторинну сировину на дані метали.

**Список використаних джерел:**

Галецький Л.С., Петрова Л.О. [2005] Техногенні відходи, як нове джерело надходження металів // – Сучасні економічні можливості та реалізація мінерально-сировинної бази України і Росії в умовах глобалізації ринку мінеральної сировини: збірник наукових праць ІГН НАН України – С. 48-51.
Галецький Л.С., Польськой Ф.Р., Петрова Л.О., Пилипчук А.Я. [2004] Техногенні відходи – потенційні джерела для утворення техногенних родовищ // Наукові праці Дон НТУ – Серія «Гірничо-геологічна» – Вип. 81 – С.111-114.
Крапива С.Н. Отвальная страна [2006] / С.Н. Крапива // Бизнес. – № 33 (708). – С. 85-87.
Шаломеев В.А., Цивирко Э.И., Ветошкина Е.И., Лукинов В.В. [2008] Использование отходов производства запорожского титано-магниевого комбината при рафинировании магниевого сплава. Режим доступу http://base.dnsgb.com.ua/files/journal/Ekologija-Dovkillya-ta-Bezpeka-Zhittediyalnosti/EDBZH2008_4.pdf/EDBZH2008-4_74-76.pdf

# МІНЕРАЛЬНИЙ СКЛАД ТА ПОСТСЕДИМЕНТАЦІЙНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ КАЛЮСЬКИХ ВЕРСТВ ВОЛИНО-ПОДІЛЬСЬКОЇ ПЛИТИ ЗА ДАНИМИ РЕНТГЕН-ДИФРАКТОМЕТРИЧНОГО АНАЛІЗУ

***Яремчук Я.В., Радковець Н.Я., Колтун Ю.В.***

*Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України,*
*Львів, slava.yaremchuk@gmail.com, radkov_n@ukr.net*

***This study represents the results of granulometric and XRD investigations of the Kalus Beds. Organic-rich Kalus strata are made up of clay-rich siltstones in which quartz (38–66%) and mica (8–19%) essentially prevail over the clay minerals. They also contain a significant amount of feldspar (4–11%) and chlorite (3–12%). It was established that the clay fraction is represented by illite, chlorite, kaolinite and smectite-illite. Mixed-layered clay minerals are distributed at depths of up to 150 m. Kaolinite occurs in a wider range of depths, but below 3800 m clay minerals are represented exclusively by chlorite and illite. Such a proportion of minerals in the rocks as well as the quartz grain size indicate their high brittleness, and consequently, the possibility of the eventual efficient hydraulic fracturing within these strata. Based on X-ray study of the mineral composition of clays of the Ediacaran Kalus beds, our studies showed that in the direction of dipping of the Eastern European platform these rocks underwent significant post-sedimentatary transformations, in contrast to sediments distributed along the Ukrainian Shield.***

# MINERAL COMPOSITION AND POST-SEDIMENTARY TRANSFORMATIONS OF THE KALUS BEDS OF THE VOLYN-PODILLYAN PLATE BASED ON THE X-RAY ANALYSIS RESULTS

***Yaremchuk Y.V., Radkovets N.Y., Koltun Y.V.***

**Вступ.** Платформові відклади едіакарію (верхнього венду) поширені вздовж всього південно-західного схилу Східноєвропейської платформи від Чорного до

Балтійського моря. На особливу увагу серед нашарувань цього вікового інтервалу заслуговують калюські верстви, які представлені тонковерствуватими темно-сірими до чорних аргілітами та глинистими алевролітами, з підвищеним вмістом органічної речовини, яка за даними (*Radkovets et al., 2018*) досягає 0,9 %.

В останні десятиліття значний інтерес викликали збагачені розсіяною органічною речовиною відклади палеозою та пізнього протерозою, особливо в час коли у США почались перші успішні розробки родовищ сланцевого газу (*Curtis, 2002*). Едіакарські відклади є нафтогазогенеруючими товщами для таких відомих родовищ як Центральний Супербасейн в Автралії (*Lindsay, 2002*) та Південний Басейн Оману на Аравійському півострові в Омані (*Craig et al., 2014*). Відклади верхнього протерозою (*Radkovets et al., 2018*) з підвищеним вмістом органічної речовини поширені майже на всіх палеократонах Світу. Вони сформувалися внаслідок глобальної безкисневої події, що стала результатом парникового ефекту, зумовленого відсутністю контрастності клімату, незначною різницею температур між полюсами і екватором, таненням льодових шапок на полюсах та глобальною трансгресією. Всі ці фактори призвели до відсутності глибоководної циркуляції у Світовому океані, і як наслідок формування потужного шару кисневого мінімуму починаючи з глибин 50–100 м (*Craig et al., 2014*) та нагромадження осадів, збагачених органічною речовиною.

Можливість генерації вуглеводнів породами едіакарію Волино-Подільської плити була розглянута у попередніх роботах (*Радковець, 2017; Radkovets et al., 2018*).

Метою данного дослідження стало вивчення мінеральної складової порід калюської світи, зокрема склад глинистих мінералів, для встановлення закономірностей постседиментаційних змін цих порід по площі і з глибиною залягання.

**Фактичний матеріал та методологія досліджень.** Для дослідження використано девять зразків калюських верств Волино-Подільської плити, що відібрані із восьми всердловин: Колинків-1, Броди-1, Сушне-1, Лудин-1, Сокаль-1, Літовиж-1, Глиняни-1, Перемишляни-1 та одного поверхневого виходу в долині річки Дністер поблизу села Миньківці. Мінералогічне вивчення (гранулометричний та рентген-дифрактометричний аналізи) проведено в лабораторії Інституту геології і геохімії горючих корисних копалин НАН України, Львів, Україна. До гранулометрично розділених фракцій застосовували методики рентгенгенівської дифрактометрії, специфіка яких полягала у особливостях локалізованих мінеральних груп у цих фракціях *(Франк-Каменецкий, 1983; Moore, Reynolds, 1997*). Рентгенофазові аналізи виконані на дифрактометрі АДП-2.0, Fe-антикатод, Mn-фільтр, 30 кВ, 12 мА.

Дрібнодисперсні шаруваті алюмосилікати (глинисті мінерали), якими складена пелітова фракція, досліджували на орієнтованих препаратах (повітряно-сухих, насичених етиленгліколем та відпалених при $T$ = 550 ºС). Їх готували із верхнього шару глинистої суспензії відстояної впродовж 30 хв. Розмірність відібраних таким способом частинок не перевищує 0,004 мм. Щоб усунути негативний вплив органічної речовини, адсорбованої глинистими частинками, на відображення базальних рефлексів від їхніх структур, перед рентген-дифрактометричними дослідженням застосували тривалу обробку 30 % розчином $H_2O_2$. З метою діагностики каолініту в присутності хлориту, проби пелітової фракції додатково обробляти гарячим 15 % розчином HCl впродовж 3-ох годин *(Франк-Каменецкий, 1983)*. Кількісний розподіл глинистих мінералів визначали шляхом моделювання одновимірних рентгенівських спектрів невпорядкованих шаруватих структур за допомогою програмного забезпечення PyXRD-0.7.2 (*BSD-2 Clause 2016*).

Для ідентифікації неглинистих мінералів у породі, аналізували дифратограми неорієнтованих препаратів усередненої суміші піщаної та алевритової фракцій (частинки > 0,01 мм). Кількісний вміст мінералів у піщано-алевриті визначали шляхом застосування програми Profex-8.4, що базується на моделюванні профілів дифрактограм методом Рітвельда (*Döbelin, Kleeberg, 2015*). Суть якого полягає в уточненні, способом найменших квадратів, профільних структурних параметрів у процесі співставлення розрахункової й експериментальної дифрактограм та зводиться до мінімізації їхньої різниці.

**Отримані результати, їхнє обговорення.** Результати рентген-дифрактометричного дослідження калюських відкладів Волино-Подільської плити показали, що темноколірні породи збагачені органічного речовиною цього вікового інтервалу мають гетерогенний мінеральний склад, який включає кварц, польовий шпат, хлорит, слюду та глинисті мінерали (рис. 1). Теригенні мінерали істотно переважають над глинистими і складають від 64 до 90 % у породі. Найпоширенішим теригенним мінералом порід калюського віку є кварц, вміст якого становить від 38 до 66 %, тоді як слюда (8–19 %), польові шпати (4–11%) та хлорит (3–12 %) складають значно меншу частку у породах. Як продемонстровано на рисунку (див. рис. *б*) у пелітовій фракції всіх досліджених глинистих алевролітів істотно переважає гідрослюда, яка становить 58–68 %.

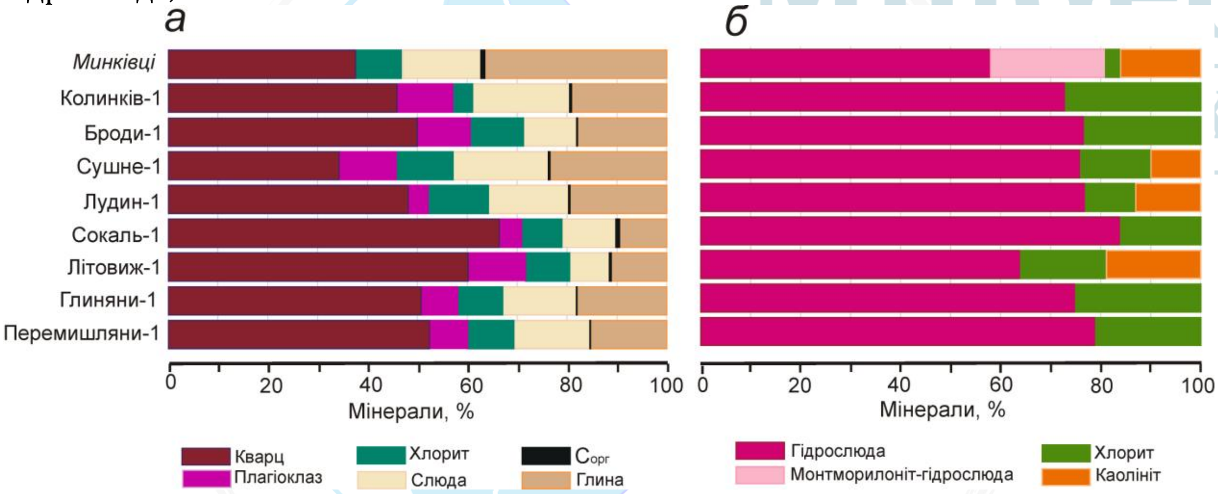


***Рисунок 1.*** *Склад калюських порід едіакарію Волино-Подільської плити (а) та вміст глинистих мінералів у пелітовій фракції (б).*

Хлорит міститься у менших кількостях (10–27 %), а в глинистій фракції із відслонення – тільки 3%. Каолініт встановлений у чотирьох пробах, його вміст коливається у межах від 10 до 19 %. Змішаношарувате утворення монтморилоніт-гідрослюда (23 %) виявлене лише у зразку з відслонення, де калюські відклади не зазнали значних постседиментаційних перетворень.

Грунтуючись на рентген-дифрактометричному вивченні мінерального складу глин калюських порід едвакарію, наші дослідження показали, що у напрямку занурення Східноєвропейської платформи ці породи зазнали істотних постседиментаційних змін, напротивагу відкладам, які поширені вздовж Українського щита. У пробах, які відібрані із свердловин наближених до Українського щита, де калюські нашарування залягають на глибинах менше 150 метрів, а також відслонюються у долині річки Дністер та її лівих притоках поблизу села Миньківці, глинисті мінерали представлені гідрослюдою (58 %), монтморилоніт-гідрослюдистим утворенням (23 %), каолінітом (16 %) та невеликою кількістю хлориту (3 %). Із збільшенням глибини залягання у збагачених органічною речовиною породах калюського віку зникає змішаношарувате утворення, каолініт зустрічається лише в окремих свердловинах, вміст хлориту коливається у межах 10–27 %, при цьому збільшується вміст гідрослюди (до 84 %). Винятком є свердловина Літовиж-1, у глинистій фракції якої визначено вагомий вміст каолініту (19 %) і, відповідно, понижений – гідрослюди (64 %).Однак, теригенна складова у цих відкладах становить 88 %, що обумовлює високий вміст кварцу (60 %).

Також результати мінералогічного вивчення показали, що у породах калюського віку зі свердловин: Броди-1, Колинків-1, Лудин-1, Сокаль-1, Літовиж-1 та Сушне-1 теригенна складова перевищує 75 %. У пробах із цих свердловин не встановлено монтморилоніт-гідрослюдистого перешарування чи інших змішаношаруватих утворень із набухаючою компонентою. За даними авторів (*Burtner, Warner 1986; Decker et al. 1992; Curtis, 2002; Jarvie et al., 2003*), з точки зору перспектив розвідки сланцевого газу в породах з підвищеним вмістом органічної речовини ($\mathrm{C_{орг}}$ > 0,5 %), такий мінеральний склад забезпечує підвищену крихкість гірських порід та сприяє застосуванню гідророзриву.

**Список використаних джерел:**

Радковець, Н.Я. [2017] Безкисневий седиментогенез нашарувань едіакару та силуру південно-західного схилу Східноєвропейської платформи // Геодинаміка. – № 22 (1). – С. 42-54.

Рентгенография основных типов породообразующих минералов (слоистые и каркасные силикаты) / под. ред. В.А. Франк-Каменецкого [1983] – Ленинград: Недра. – 359 с.

BSD-2 Clause. [2016] PyXRD: A Model for the Simulation of1-Dimensional X-Ray Diffraction Patterns of Disordered Layered Minerals. Software Manual. – Boston, USA. – 48 p.

Burtner R.L., Warner M.A. [1986] Relationship between illite/smectite diagenesis and hydrocarbon generation in Lower Cretaceous Mowry and Skull Creek Shales of the Northern Rocky Mountain area // Clays and Clay Minerals. – Vol. 34, No. 4. – P. 390-402.

Curtis J.B. [2002] Fractured shale-gas systems // AAPG Bulletin. – Vol. 86. – P. 1921-1938.

Decker A.D., Coates J.M., Wicks D.E. [1992] Stratigraphy, gas occurrence, formation evaluation and fracture haracterization of the Antrimshale, Michigan Basin // GRI Topical Report. – No. GRI-92/0258. – 153 p.

Döbelin N., Kleeberg R. [2015] Profex: a graphical user interface for the Rietveld refinement program BGMN // Journal of Applied Crystallography. – Vol. 48. – P. 1573-1580.

Global Neoproterozoic petroleum systems: The emerging potential in North Africa / J. Craig, J. Thurow B., Thusu A., Whitham Y., Abutarruma (eds) [2014] // Geological Society London Special Publications. – Vol. 326. – P. 1-25.

Jarvie D.M., Hill R.J., Pollastro R.M., Wavrek D.A., Claxton B.L., Tobey M.H. [2003] Evaluation of unconventional natural gas prospects in the Barnett Shale: fractured shale gas model // In European Association of International Organic Geochemists Meeting, Poland, September 8–12, P. 3–4, Poland, Krakow.

Lindsay J.F. [2002] Supersequences, superbasins, supercontinents – evidence from the Neoproterozoic – Early Palaeozoic basins of central Australia // Basin Research. – Vol. 14., No. 2. – P. 207-223.

Moore D.M., Reynolds R.C. Jr. [1997] X-Ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals // Oxford New York, Oxford University Press, – 378 pp.

Radkovets N., Kosakowski P., Rauball J., Zakrzewski A. [2018] Burial and thermal history modelling of the Ediacaran succession in Western and SW Ukraine and Moldova // Journal of Petroleum Geology. – Vol. 41. – P. 85-106.

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ВИДОВ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ: ПОДХОДЫ, ПРИНЦИПЫ, КРИТЕРИИ

***Яценко В.Г., Земсков Г.А.***

*Державна установа "Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України"*
*Київ, vgyatsenko@gmail.com*

***The historically conditioned approaches to designation of types of mineral resources that are especially important for the state are considered. It is stated that all of them in their essence express two different categories, referred to in the professional environment as "strategic" (SMR) and "critical" (CMR). Against the background of the analysis of the problem, the author's procedural scheme for designation of "strategic types of mineral raw materials" (STMS) is shown.***

# DEFINITION OF STRATEGIC TYPES OF MINERAL RESOURCES: APPROACHES, PRINCIPLES, CRITERIA

***Yatsenko V.G., Zemskov G.A.***

**Введение. Проблема и актуальность ее решения.** Минеральные ресурсы (МР) являются фундаментом жизни и благосостояния всех государств мира. Вместе с тем доступность человеческого сообщества к полезным ископаемым (ПИ), особенно к некоторым из них, нередко носит остропроблемный конфликтный характер. Первопричинно это связано, главным образом, с фактором неравномерного и ограничительного характера распределения источников минерального сырья (МС) при все более возрастающих в них потребностях. Эта «проблемная ситуация» исторически носит перманентный характер, и вытекающая отсюда «минерально-сырьевая проблема» (МСП), подлежащая неизбежному решению применительно к конкретным условиям каждого государства, никогда не сходит с повестки дня. В этой связи неудивительно, что существует постоянный запрос на получение новых знаний в этой области человеческой деятельности. Настоящее исследование, обозначенное как тема доклада – часть этой многоаспектной проблемы. Она касается еще не до конца решенных вопросов выделения из общей номенклатуры потребляемых ПИ тех их видов, которые получают статус особо важных для жизнедеятельности конкретного государства и находят отражение в таких близких по содержанию терминах, как «стратегические виды минерального сырья» (СВМС), «стратегические минеральные ресурсы» (СМР), «стратегическое минеральное сырье» (СМС) и др.

**Анализ предыдущих исследований.** При исследовании публикаций по этой сравнительно узкой области жизнедеятельности нами устанавливается четыре основных подхода к понятию «СМР»:

*Первый*, наиболее ранний подход, определяет такую группу МР по необходимости их применения в производстве военного назначения при существенной зависимости от внешних поставок.

*Второй подход* определяет СМР, с одной стороны, важность определенных групп МР (прежде всего военного назначения) в период «чрезвычайной национальной ситуации» и, с другой, – степенью зависимости их от импортных поставок.

*Третий подход* определяет СМР в зависимости от их важности и вклада в устойчивое развитие, благосостояние и безопасность государства на долгосрочный период *(Якуцени и др., 2007; Кулиш и др., 2009,)* и др.

*Четвертый подход* использует для этой цели обычно два следующих показателя: риск предложения на внешних рынках МС и степень уязвимости (экономики, отрасли и др.) от нарушения поставок *(Graedel et al., 2012; Haglund, 1984; Simandl et al., 2015)*. Для обозначения этой группы используется терминология со словом «критический» (КМР и др.). Возникнув в таком виде сравнительно недавно, он достаточно хорошо разработан, разрекламирован и пользуется успехом. При этом слова «стратегический» и «критический» нередко употребляются как синонимы, что, по нашим представлениям, не вполне корректно. Обозначая исторически сложившиеся подходы к выделению наиболее важных для государства видов МС, мы видим здесь две различные их категории: «стратегические» (первые три подхода) и «критические» *(Яценко, Земсков, 2019)* и др.

**Методология исследований.** Смысловое позиционирование объекта, предмета и темы исследований устанавливается по результатам анализа и концептуализации эмпирического материала. Полученная таким образом «картина мира» в применении к минерально-сырьевой деятельности может быть представлена в виде следующей схемы: *Планета Земля – Биосфера – Человек – Минерально-сырьевая проблема – Государство – Минерально-сырьевая политика государства – Инструменты минерально-сырьевой политики государства – Определение СВМС.* Представляется, что этот концепт, как сгусток упорядоченных акцентов, позволяет во взаимосвязанном виде охватить минерально-сырьевую проблематику, способствуя, таким образом, более адекватному пониманию здесь предметного поля заданных исследований.

**Полученные результаты и их обсуждение.** Наши исследования акцентируют внимание на собственно «стратегической» сущности МС и в этом смысле наиболее близки *третьему* из выше обозначенных подходов к этой проблеме. При всей его концептуальной неполноте и отсутствию критериальных разработок, мы видим здесь главное: обозначение СМР в качестве одного из важнейших элементов устойчивости государства на долгосрочную перспективу его развития. Исследования показывают, что сам концепт такого рода, выражаемый через определение СВМС, должен соотноситься со *стратегией* конкретного государства, с его главными целевыми установками жизнедеятельности. Последние предопределяются, обычно, совокупностью его главных доктринальных документов, обозначающих цели, принципы безопасности и устойчивого социально-экономического развития страны на относительно долгосрочную перспективу. Иначе говоря, субъектом стратегии в данном случае выступает *государство,* через доктринальное видение которого некоторой части потребляемого им МС придается свойство особой значимости, соотносимое с понятием «стратегия» – «стратегичность». Вместе с тем, практическая ценность любого подхода зависит здесь от качества конкретных критериев, используемых при выделении СВМС в общей номенклатуре потребляемых государством МР. Отсутствие полноценного ответа в открытой литературе по этому вопросу побуждает продолжение исследований в этом направлении.

В этой связи, процедурная схема выделения СВМС, предлагаемая по результатам наших исследований, может представлять определенный интерес. Ее основой является следующее определение рассматриваемой категории МС: «Стратегические виды минерального сырья (СВМС) – это такие разновидности природных минеральных веществ и продуктов их первичной переработки, которые через ограничительную процедуру *выделение – утверждение* принимаются в качестве минерально-сырьевой основы в долгосрочной перспективе жизнедеятельности государства как одного из важнейших инструментов реализации его стратегических целей».

Эта формулировка отражает такой *концептуальный подход* к рассматриваемой проблеме, *где* СМР соотносятся со *стратегией* конкретного государства. Определение

«СВМС» предстает в этой схеме в роли высокорангового (концептуального) критерия. Охватывая нижестоящие критериальные уровни, оно возглавляет их ранжированный комплекс, функционирующий по «принципу последовательных приближений». Основываясь на особенностях национальной доктрины конкретного государства, *концептуальный критерий* задает направление анализа потребляемых им МР в качестве стратегического компонента реализации его высшей цели. Исходя из этого следующий критериальный уровень может быть обозначен здесь через раскрытие высших целей конкретного государства, проявляющихся в его главных доктринальных установках. В качестве таковых большинство государств обычно декларируют следующие: *благосостояние, устойчивое развитие и безопасность.* По существу, они выступают как *высшие принципы*, которыми должны руководствоваться все сферы жизнедеятельности государства, включая его минерально-сырьевую политику. В нашем контексте этот усредненный стратегический базис обозначен в виде следующего ранжированного ряда *принципов*:

– *принцип неотложной необходимости,*
– *принцип безопасности*
– *принцип устойчивости текущего функционирования*
– *принцип развития*.

Исследования показывают, что этот целевой ограничительный комплекс высших государственных запросов, положительно соотносящийся с общенаучным *принципом необходимости и достаточности,* может служить основой для разработки критериев выделения СВМС. Уточняя этот тезис, важно подчеркнуть следующее: если потребности конкретного государства выделить и расставить в соответствии с обозначенным комплексом принципов, то удовлетворяющие эти потребности производство товаров и услуг, а также технологически обеспечивающие его виды МС, автоматически попадают в разряд стратегически необходимых компонентов жизнедеятельности. Таким образом, на основе анализа структуры потребления МР государства существует возможность обозначения корректно необходимого комплекса критериев выделения СВМС:

• Наиболее значимым среди них является критерий, основанный на принципе *неотложной необходимости* потребления определенных видов МС непосредственно *субъектами социальной сферы* государства. Этот критерий определяет «стратегичность» МС в таких видах потребления как чистый воздух, вода, питание, тепло, свет, транспорт и др. Так, невозможно себе представить существование Человека, как биологического вида, без каждодневного потребления кислорода, питьевой воды; других химических компонентов через продукты питания. Неотложная необходимость потребления человеком (социумом) тепла, света, минимума жилищных условий, транспорта и др. также обеспечивается путем достигнутой к современному времени технологии преобразования соответствующих видов минерального сырья. Во всех государствах удовлетворение такого рода потребления происходит, главным образом, через конкретно функционирующую *сферу материального производства*, где важную роль играют такие хозяйственные подразделения как «производственные комплексы»: топливно-энергетический, водохозяйственный, аграрный, металлургический, машиностроительный, химический, жилищно-строительный и др. *(Кривцов и др., 2007; Калинин, 2008 и др.)*.

• Другой, близкий по рангу, критерий основан на *принципе безопасности,* то есть принадлежности МС к объектам обеспечения сферы безопасности государства (военного, технологического, природного характера), и вряд ли требует детального обоснования. Важно только отметить, что их стратегический статус в определенные периоды может повышаться до выше обозначенного уровня.

- Следующий в этом ранговом ряду является критерий, который основывается на *принципе обеспечения устойчивости* функционирования базисных объектов материального производства конкретного государства, которые в силу исторической обусловленности и достигнутого технологического уровня составляет основу жизнедеятельности общества в долгосрочном аспекте. Важно отметить, что такая функция обеспечивается не только через производство товаров, необходимых внутри государства, но и тех, которые пользуются большим спросом за рубежом, хотя и не востребованы на внутренним рынке. Последнее часто касается продукции минерально-сырьевого комплекса. Преобразование, таким образом, часть продукции в денежную (валютную) форму дает возможность обеспечивать устойчивость других форм потребления и жизнедеятельности государства, в т.ч. за счет импорта.
- Следующий критерий базируется на *принципе развития* и касается наделения статусом стратегичности тех видов МС, которые в качестве необходимого компонента используются в реализации наиболее важных национальных проектов.

По этому критерию обозначается также какая-либо сырьевая компонента инновационной направленности, реально обозначенная на определенную перспективу развития.

Выделенные на основе таких критериев виды МР могут быть основой для формирования их итогового списка, именуемого официально как «Перечень СВМС».

**Выводы.** Одним из главных результатов исследований, вероятно, следует считать разработку трехуровневой оценочно-критериальной системы выделения СМР. Она носит универсальный характер и предусматривает три этапа процедурного характера: *принятие определенного концептуального подхода, определение стратегических принципов конкретного государства, разработку на их основе критериев.* Как представляется, выделяемая таким способом группа СВМС, наиболее адекватно соотносится с *принципом необходимости и достаточности.* Она может быть оформлена как «Перечень СВМС» конкретного государства, который, будучи утвержденным, становится документом общегосударственного значения в роли одного из важнейших инструментов его минерально-сырьевой политики.

## Список использованных источников:

Калинин Е.П. [2008] Минерально-сырьевые ресурсы в мировой экономике// Вестник – №4.– С.13-17.

Кривцов А.И., Беневольский Б.И., Блинова Е.В. [2007] Принципы и критерии отнесения месторождений твердых полезных ископаемых к стратегическим – США и Россия / Отечественная геология. – №3. – С. 57-63.

Кулиш Е.А., Сорокин А.П., Яценко В.Г. [2009] Стратегические минеральные ресурсы Украины и Дальнего Востока России.– Киев: ЛОГОС.– 77 с.

Якуцени В.П., Беневольский Б.И., Кривцов А.И. и др. [2007] Стратегические виды полезных ископаемых России и их государственные резервы. – С-П(б): ВНИГРИ.

Яценко В.Г., Земсков Г.О. [2018] Виділення і структуризація стратегічних видів корисних копалин. – Матеріали П'ятої міжнародної науково-практичної конференції: у 2 т. (8-12 жовтня 2018 р., м. Трускавець). Державна комісія України по запасах корисних копалин (ДКЗ).– К.: ДКЗ.– Т.1. – С. 249-254.

Яценко В.Г., Земсков Г.О. [2019] «Стратегічні» і «критичні» мінеральні ресурси: концептуальний підхід. – Матеріали шостої міжнародної науково-практичної конференції: у 2 т. (7-11 жовтня 2019 р., м. Трускавець). Державна комісія України по запасах корисних копалин (ДКЗ).– К.: ДКЗ. – Т.1. – С. 61-66.

Graedel T.E. et.al. [2012] Methodology of Metal Criticality Determination // Environ. Sci. Technol. – Т. 46. – № 2. – С. 1063–1070.

Haglund D.G. [1984] Strategic minerals: A conceptual analysis // Resour. Policy.– Vol. 10 – №3. – P. 146–152.

Simandl G.J., Akam C., Paradis S. [2015] Which materials are 'critical' and 'strategic.' // Symposium on critical and strategic materials. British Columbia Geological Survey Paper 2015-3 [Electronic resource]: http://cmscontent.nrs.gov.bc.ca/geoscience/PublicationCatalogue/Paper/BCGS_P2015-03-01_Simandl.pdf.

MinGeo
Integration XXI

# ПРИНЦИПИ НАКОПИЧЕННЯ, ЗБЕРІГАННЯ ТА ЕФЕКТИВНОГО МІЖДИСЦИПЛІНАРНОГО ВИКОРИСТАННЯ РЕЧОВИННО-ФІЗИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ГЕОЛОГІЧНОГО ПРОФІЛЮ

## ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ОНТОГЕНЕЗУ УРОЛІТІВ МЕШКАНЦІВ МІСТА ЗАПОРІЖЖЯ

***Ішков В.В[1]., Козій Є.С.[1], Труфанова М.О.[2]***

*[1] Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»,*
*Дніпро, ishwishw37@gmail.com, koziy.es@gmail.com*
*[2] Дніпровський державний медичний університет МОЗ України»,*
*Дніпро, truf0211@gmail.com*

***According to the World Health Organization, the incidence of urolithiasis is constantly growing, and the number of recurrences of this disease is stable at 80%. The purpose of the work is to identify some features of the ontogenesis of uroliths from the kidneys of the inhabitants of Zaporizhzhia city, primarily related to the structure and morphology of these formations. As a result of mineralogical and petrographic studies of urinary stones, they revealed the presence of 18 mineral species, mainly related to oxalate and urate compounds, and monomineral formations occur less than 1%. The variety of microblocking and the presence of inclusions of organic matter are characteristic features of the crystals of all installed minerals. Particular attention is point to the formation of split and two-vertex crystals of urinary stones. The accumulation of analytical material on the ontogenesis of urinary stones, their structure and mineral composition and its generalization, taking into account the medical and biological characteristics of each patient, geoecological condition of the region contribute to an important social task - prevention and effective treatment of urolithiasis.***

## SOME FEATURES OF THE UROLYTES ONTOGENESIS OF THE RESIDENTS OF ZAPORIZHYA CITY

***Ishkov V.V., Kozii Ye.S., Trufanova M.O.***

**Вступ.** Як відомо, мінерали біогенного походження є невід'ємними елементами будови багатьох живих організмів. Поряд з генетично зумовленими утвореннями, так само широко поширені і патогенні біомінерали. До їх числа відносяться, зокрема, сечові камені – уроліти, які є закономірним наслідком розвитку сечокам'яної хвороби.

Ще В.Н. Вернадський *(Вернадский, 1978)* підкреслював, що організм людини є невід'ємною частиною земної кори. Через нього протягом життєвого циклу проходять всі хімічні елементи які знаходяться у зовнішньому середовищу. Одним з проявів цього процесу є здатність людського організму до мінералізації, у тому числі й патогенної. У цьому плані велике значення має концепція А.П. Виноградова *(Виноградов, 1938)* про геохімічні фактори біологічної еволюції, а саме про те, що склад організмів зберігає ознаки свого походження та існування.

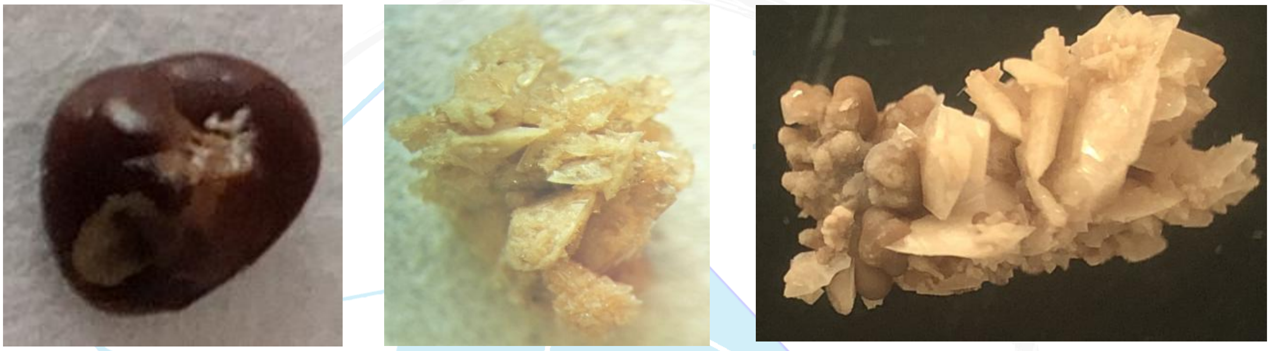
А.А. Кораго *(Кораго, 1976)* сформулював основні особливості об'єктів дослідження біомінералогії. Згодом Н.П. Юшкін *(Юшкин, 1977)* запропонував виділити особливу область досліджень і назвати її медичною мінералогією. Він рекомендував віднести до цієї галузі досліджень і проблеми вивчення конструктивних та патологічних мінералів і в організмі людини. К. Лонсдейл *(Lonsdale, 1968)* вперше звернув увагу дослідників на достовірно встановлену регіональну мінливість в розподілі мінеральних типів сечових каменів.

Сечокам’яну хворобу недаремно називають «хворобою цивілізації». За даними Всесвітньої організації охорони здоров’я, за останні 12 років захворюваність на сечокам’яну хворобу зросла в 1,5 рази. У світі нею страждає одна людина зі ста. Незважаючи на успіхи в хірургічних методах вилучення каменів з нирок, консервативне лікування цієї хвороби і в даний час не можна назвати успішним: багатьом пацієнтам (близько 70%) доводиться переносити повторні ниркові кольки і хірургічні операції з приводу рецидиву формування уролітів. На глибоке переконання авторів, однією з основних причин такого становища є міждисциплінарний характер проблеми. Речовинно-структурні особливості мінеральних об’єктів (до яких відносяться уроліти) вивчають фахівці з геології, які досі, в силу різних причин, не приділяють достатньо уваги патогенним біомінералогічним утворенням, зокрема уролітам. А лікування сечокам’яної хвороби здійснюють лікарі – урологи, які через особливості своєї підготовки не мають можливості професійно оперувати базовими поняттями в області мінералогії взагалі та патогенних мінералоутворюючих процесів зокрема. Таким чином, на наш погляд, майбутнє успішне вирішення проблеми адекватного лікування сечокам’яної хвороби можливе тільки в умовах ефективного міждисциплінарного використання речовинно-фізичної інформації геологічного профілю. На жаль, об’єм публікації не дозволяє розглянути усі встановлені авторами особливості онтогенезу уролітів мешканців міста Запоріжжя, тому в роботі розглянуті лише деякі з них.

**Аналіз попередніх досліджень.** Вивчення уролітів з використанням арсеналу методів мінералогії та петрографії було розпочато на початку XX століття. Вперше в 1922 р. Г. Накано *(Nakano, 1922)*, а в 1923 р. Л. Кайзер *(Keyser, 1923)*, зробивши тонкі зрізи сечових каменів і вивчивши їх шліфи в поляризованому світлі за класичною методикою петрографічного аналізу, описали цистин і кристали водних оксалатів кальцію. Цілеспрямовано дослідження по встановленню регіональних особливостей морфології, структури, мінерального складу та онтогенії уролітів на теренах України раніше було виконано на прикладі мешканців міста Дніпро та Дніпропетровської області *(Ишков, Светличный, Труфанова, 2015; Ішков, Козій, Труфанова, 2020)* на прикладі хворих сечокам’яної хвороби міста Запоріжжя такі дослідження раніше не проводилися.

**Фактичний матеріал та методологія досліджень.** При виконанні роботи основними методами були порівняльний аналіз морфологічних спостережень більш ніж 200 ниркових уролітів жителів міста Запоріжжя та їх петрографічні дослідження. Морфологія уролітів вивчалася за допомогою стереоскопічного бінокулярного мікроскопу МБС-9. Петрографічні дослідження шліфів уролітів виконані за допомогою оптичного поляризаційного мікроскопа МІН-8. На завершальному етапі роботи результати досліджень інтерпретувалися на основі базових положень фундаментальних онтогенічних робіт Д.П. Григор’єва *(Григорьев, 1961; Григорьев, Жабин, 1975)* та його учнів і послідовників Н.П. Юшкіна *(Павлишин, Юшкин, Попов, 1988; Юшкин, 1982)*, А.Г. Жабіна *(Григорьев, Жабин, 1975; Жабин, 1979)*, В.А. Попова *(Павлишин, Юшкин, Попов, 1988; Попов, 1984; Попов, 2011)*, В.І. Павлишина *(Павлишин, Матковський, Довгий, 2003; Павлишин, Матковський, Довгий, 2007*; *Павлишин, Юшкин, Попов, 1988)* та інших.

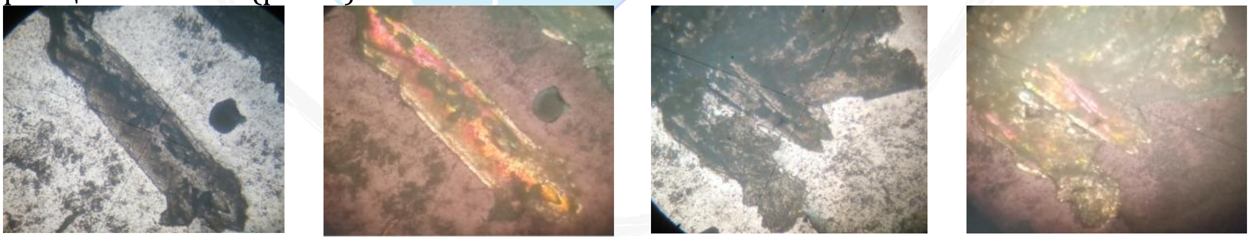
**Отримані результати, їх обговорення.** Величина, форма і будова уролітів мешканців міста Запоріжжя різноманітні, як і жителів міста Дніпро *(Ишков,* *Светличный, Труфанова, 2015)* та Дніпропетровської області *(Ішков, Козій, Труфанова, 2020)*. За своєю формою переважають брунькоподібні, друзовидні і комбіновані конкременти (рис. 1). Камені сечовивідних шляхів зазвичай починають формуватися в нирці і можуть збільшитися в сечоводі і (або) сечовому міхурі. Залежно від місцезнаходження каменя, його називають «каменем в нирках», «сечоводним каменем» або «каменем сечового міхура». У складі ниркових каменів жителів міста Запоріжжя методами оптичної петрографії нами були ідентифіковані оксолати: вевелліт, ведделліт, урати: уркіт, сечокислий дигідрат, амоній урат, натрій урат моногідрат, фосфати: струвит, гідроксилапатит, крушіт, вітлокіт, ньюберит, а так само ксантин, цистин, кварц, кальцит, арагоніт, гіпс і гетит. Мономінеральні утворення зустрічаються виключно мало (< 1%), що співпадає з даними по мешканцях м. Дніпро та Дніпропетровської області *(Ишков, Светличный, Труфанова, 2015; Ішков, Козій, Труфанова, 2020)*.



а б в

***Рисунок 1.*** *Основні морфологічні різновиди уролітів мешканців міста Запоріжжя; а – брунькоподібний агрегат, б – друзовидний агрегат, в – агрегат комбінованої форми.*

Особливий інтерес викликають часто присутні в складі периферійної частини сечових каменів жителів міста двовершинні кристали оксалатів, що часто розщеплюються (рис. 2).



а б в г

***Рисунок 2.*** *Двовершинні кристали оксалатів що розщеплюються які присутні в периферійної частини уролітів жителів міста Запоріжжя, з добре вираженою мікроблочною будовою, чітко проявленою зональністю та різномасштабними включеннями органічної речовини; а, б – кристал вевелліту; в, г – кристал ведделліту; а, в – світло прохідне; б, г – ніколі схрещені; збільш. 80$^x$.*

Як відомо, формування двовершинних кристалі можливо тільки в умовах вільного зростання. В умовах нирки реалізація цього процесу майже неможлива. Утворення мінеральних фаз в такому складному «кристалізаторі» як нирка, головним чином, буде визначатися, по-перше, колоїдним станом розчину і його високим пересиченням, по-друге, дискретним характером надходження рідини в ниркову миску і, по-третє, стислістю періодів наповнення і спорожнення ниркової миски. В середньому фаза наповнення миски сечею триває 10-20 секунд, а її спорожнення за 1-3 секунди. Пауза між випорожненнями становить від 20 до 120 секунд. Таким чином, утворення двовершинних кристалів у ниркової порожнини можливо тільки в умовах імунного відключення інгібіторів каменеутворення та наявності численних компонентів, які є промоторами каменеутворення. Найбільш ймовірний механізм розщеплення кристалів оксалатів в процесі їх росту, що враховує безпосередню просторову зв'язок області розщеплення з локалізованими в безпосередній близькості від неї включеннями органічної речовини полягає в наступному. Як відомо, розщеплення є наслідок деформацій в приповерхневих ділянках зростаючого кристала, що виникли за рахунок нерівномірного входження домішок. В результаті цього розрізняються параметри елементарної комірки речовини пірамід, секторів, зон росту кристалу і окремих їх ділянок, виникають ростова гетерометрія, зумовлена нею внутрішня напруга в кристалі та його автодеформація. Остання викликають поверхневу рекристалізацію, частково знімає напруження і кілька розгортає мікроблок щодо основного кристала. Це призводить до формування субіндивідів - відщеплень. Різке, зниження міцності поверхневого шару кристала, покритого плівкою матричного середовища кристалізації з домішкою поверхнево-активних речовин (різної органічної речовини). Як відомо, поверхневі явища в твердих тілах особливо проявляються в процесах їх деформації в поверхнево-активних середовищах. Сюди відносяться різноманітні ефекти полегшення пластичної течії і зниження міцності внаслідок фізико-хімічного впливу середовища, тобто роботи формування його нових поверхонь в процесах деформації. Особливість цих явищ полягає в тому, що вони спостерігаються тільки при спільній дії середовища і певного напруженого стану.

**Основні висновки**. У складі ниркових каменів жителів міста Запоріжжя методами оптичної петрографії нами були ідентифіковані 18 мінеральних видів, що більше ніж у мешканців Дніпра та Дніпропетровської області *(Ішков, Козій, Труфанова, 2020).* На нашу думку, це пов'язано з більш складнім загальнім екологічним станом. Переважна більшість уролітів жителів Запоріжжя має змішаний склад. Мономінеральні утворення зустрічаються виключно мало (< 1%), що співпадає з даними по мешканцям м. Дніпра та Дніпропетровської області *(Ишков, Светличный, Труфанова, 2015; Ішков, Козій, Труфанова, 2020*).

**Список використаних джерел:**

Вернадский В.И. [1978] Живое вещество // М: Наука. 358 с.

Виноградов А.П. [1938] Геохимия и биохимия (по работам Биогеохимической лаборатории АН СССР) // Успехи химии. – 7. – С. 645-686.

Григорьев Д.П. [1961] Онтогения минералов // Львов: Изд-во Львов. ун-та. – 281 с.

Григорьев Д.П., Жабин А.Г. [1975] Онтогения минералов (индивиды). Москва: Наука. – 339 с.

Жабин А.Г. [1979] Онтогения минералов (агрегаты). Москва: Наука. – 275 с.

Ішков В.В., Козій Є.С., Труфанова М.О. [2020] Особливості онтогенезу уролітів жителів Дніпропетровської області // Мінерал. журн. – Т.42.– № 4. – С. 50-59. https://doi.org/10.15407/mineraljournal.42.04.050

Ішков В.В., Козій Є.С., Труфанова М.О. [2020] Деякі особливості онтогенії уролітів жителів Дніпропетровської області. Міжнародна науково-практична конференція «Технології і процеси в гірництві та будівництві» ДонНТУ. – С.64-69.

Ишков В.В., Светличный Э.А., Труфанова М.А. [2015] Особенности морфологии уролитов жителей города Днепропетровска. Зб. наук. пр. Нац. гірничого ун-ту. – № 46.– С. 5-10.

Ишков В.В., Светличный Э.А., Труфанова М.А. [2015] О минеральном составе уролитов жителей города Днепропетровска // Зб. наук. пр. Нац. гірничого ун-ту. – № 47. – С. 5-14.

Кораго А.А. [1976] Жемчуг Северо-Запада СССР // Зап. Всесоюз. минерал. о-ва. –Ч. 105. – вып. 3. – С. 282-294.
Павлишин В.І., Матковський О.І., Довгий С.О. [2003] Генезис мінералів // Київ: ВПЦ «Київ. ун-т». – 690 с.
Павлишин В.І., Матковський О.І., Довгий С.О. [2007] Генезис мінералів // Київ: КНТ. – 556 с.
Павлишин В.И., Юшкин Н.П., Попов В.А. [1988] Онтогенический метод в минералогии // Киев: Наук. думка. – 120 с.
Попов В.А. [1984] Практическая кристалломорфология минералов // Свердловск: Изд. УНЦ АН СССР. – 192 с.
Попов В.А. [2011] Практическая генетическая минералогия // Екатеринбург: УрО РАН. – 167 с.
Юшкин Н.П. [1977] Теория и методы минералогии // Ленинград: Недра. – 290 с.
Юшкин Н.П. [1982] Топоминералогия // Москва: Недра. – 288 с.
Keyser, L. [1923] Arch Surg. – Vol. 6 (2). – P. 525-553.
Lonsdale K. [1968] Human Stones. Science. – 159. – P. 1199-1207.
Nakano H. [1922] Biochem., Bd. 2. – P. 437-441.

# ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ РИБЕКІТУ З ПОРІД І РУД РОДОВИЩ КРИВОРІЗЬКОГО РЕГІОНУ З ВРАХУВАННЯМ НОВОЇ НОМЕНКЛАТУРИ АМФІБОЛІВ

***Харитонов В.М.***

*Криворізький національний університет, Кривий Ріг, haritonov.vm@knu.edu.ua*

***The nominal composition of ribekites from rocks and ores of deposits of the Krivoy Rog region has been calculated. The identification of minals in the riebeckite composition was carried out in accordance with the new nomenclature of amphiboles. 38 samples were examined. It was revealed that 24 additional minals are present in the riebeckite system. Among them, the most significant are magnesia-ribekite, feri-barroisite and grunerite. The maximum values of these minals were (%): 48.59, 38.15 and 34.98, respectively.***

# VISUALIZATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF RIBECITE FROM ROCKS AND ORE OF DEPOSITS OF THE KRIVORIZH REGION TAKING INTO ACCOUNT THE NEW NOMENCLATURE OF AMPHIBOLS

***Kharytonov V.M.***

**Вступ.** Докембрійський час розвитку Землі був сприятливим для утворення чисельних родовищ залізних руд, крупних за запасами. Найбільш відомими серед них є родовища Криворізького басейну (Україна), Хамерслі (Австралія), родовища району Лабрадор (Канада), району озера Верхнього (США, Канада), родовища штатів Біхар і Орісса (Індія), штату Мінас-Жерайс (Бразилія) та багато інших (*Высоцкий, 2004*). Докембрійські залізисто-кремнисті формації, з якими генетично і просторово пов'язані зазначені родовища, присутні на всіх континентах нашої планети (*Николаенко, 2015*). За А.Сівороновим товщі залізисто-кремнистих формацій Східноєвропейської платформи відносять до формацій джеспіліт-толеїтового (алгома-верхівцівського) і джеспілітового кремнисто-сланцевого (криворізького) типів (*Сіворонов, 2010*).

В утвореннях залізисто-кремнистих формацій доволі поширеними є мінерали надгрупи амфіболів: грюнерит, жедрит, актинолит, рибекіт, тремоліт, антофіліт. Рибекіт, як і всі представники амфіболів, відрізняється широким діапазоном коливань хімічного складу. Це обумовлено їх структурою, яка характеризується декількома катіонними позиціями. В них катіони оточені аніонами оксогену (рідше – фтору, хлору та ін.). Різні катіонні позиції відрізняються за кількістю, розташованих навколо них аніонів. Змінними також є відстані катіон/аніон.

**Аналіз попередніх досліджень, формулювання проблеми, актуальність її вирішення, задачі дослідження.** Результати досліджень амфіболів Криворізького регіону, зокрема рибекіту, висвітлені в роботах (*Лазаренко та ін., 1977*; *Пирогов та ін., 1989; Євтєхов, 1992; Харитонов, 2000; Стрельцов та ін., 2019*).

Мінерали надгрупи амфіболів в межах родовищ Криворізького басейну є породоутворювальними мінералами осадово-метаморфічних і вулканогенно-інтрузивних порід: амфіболових гнейсів, амфіболітів, тальк-хлорит-амфіблових сланців, залізисто-силікатних кварцитів та ін. (*Лазаренко та ін., 1977*). Всі відомі амфіболи Криворіжжя представляють три підгрупи групи $^{W}$(OH, F, Cl)-домінуючих амфіболів:

1) Mg-Fe-Mn-амфіболи: ромбічні – антофіліт, жедрит; моноклінні – кумінгтоніт, грюнерит;

2) Ca-амфіболи: моноклінні – тремоліт, актиноліт, горнблед (рогова обманка); паргасит;

3) Na-амфіболи: моноклінні – глаукофан, рибекіт, арфедсоніт.

Прояви рибекіту пов'язують з процесами регіонального метаморфізму і натрієвого метасотозу (*Лазаренко та ін., 1977; Пирогов та ін., 1989; Євтєхов, 1992*).

Метаморфічний рибекіт першої генерації у більшій кількості виявлений в межах родовищ півдня і півночі Криворізького басейну (Інгулецьке, Ганнівське, Первомайське). Хімічний склад рибекіту характеризується високим вмістом двовалентного заліза, що знаходить свій відбиток у темно-синьому забарвленні індивідів мінералу.

Метасоматичний рибекіт є більш поширеним в межах родовищ Кривбасу. Внаслідок надходження натрію до товщі залізисто-кремнистої формації, мінерал виникав як продукт псевдоморфізації грюнериту та як новоутворення за схемою:

$$(\text{натрій+вода})_{\text{розчин}} + (\text{магнетит} + \text{кварц})_{\text{тв.}} \rightarrow \text{рибекіт}$$

Хімічний склад метасоматичного рибекіту характеризується меншим, порівняно з метаморфічним рибекітом, вмістом двовалентного заліза і більшою кількістю магнію.

В роботі (*Стрельцов та ін., 2019*) зазначається про близькість хімічного складу метасоматичного новоутвореного рибекіту до стехіометричного. Рибекіт – продукт прсевдоморфізації, наближений за хімічним складом до магнезіорибекіту. Також вчені акцентую свою увагу на хімічній зональності оремих індивідів рибекіту. За їх даними, периферійні частини індивідів новоутвореного рибекіту за хімічним складом дещо віддалені від стехіометії – в них зростає кількість оксиду магнію та кремнію і зменшується вміст оксидів заліза та натрію. Для псевдоморфізованого магнезіо-рибекіту фіксується зворотна картина в розташуванні зон з різним хімічним складом.

В чисельних роботах, присвячених дослідженню амфіболів Криворізького регіону, зокрема рибекіту, попередні дослідники подавали результати хімічного і мікрозондового аналізу у табличній формі, а також вигляді розширених кристалохімічних формул. Тобто, в проаналізованих інформаційних джерелах ми не виявили розрахунки мінального складу рибекітів Криворіжжя. На думку автора, візуалізація типохімізму рибекіту через мінальний склад є більш зручною. Також важливо, при визначенні окремих міналів в складі рибекіту, враховувати нову номенклатуру амфіболів, затверджену у звіті IMA за 2012 р.

**Фактичний матеріал та методологія досліджень.** В основу досліджень автора покладені результати визначення хімічного складу рибекітів попередніх дослідників, поданих у вигляді кристалохімічних формул (*Лазаренко та ін., 1977*; *Харитонов, 2000*). Було проаналізовано 38 хімічних проб, з них 22 були відібрані з натрієвих метасоматитів Первомайського родовища, 9 – з рибекіт-вмісних прожилків центральної частини Криворізької структури, 6 – з рибекіт-вмісних сланців Ганнівського, Жовторіченського і Глеюватського родовищ і 1 – з карбонат-магнетитової руди Первомайського родовища.

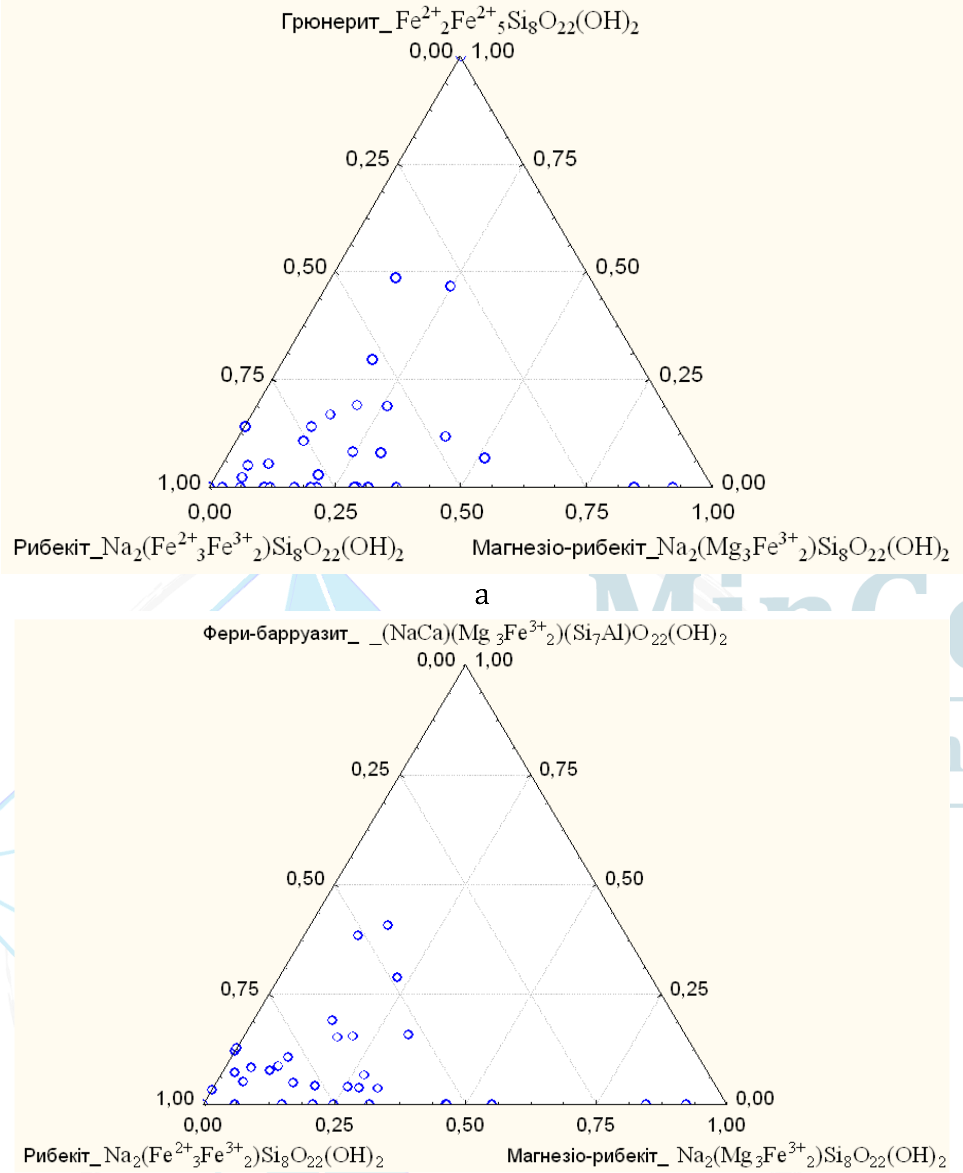
Розрахунок мінального складу проводився за методикою А.Г.Булаха, висвітленою в роботі (*Павлишин, 1998*). Виділені мінали у складі рибекіту відповідають сучасній номенклатурі амфіболів, яка ґрунтується на результатах лабораторного синтезу (*Hawthorne, Oberti et al., 2012).* В межах надгрупи за переважним аніоном комплексу в позиції *W* виділяють групи. У групі $^{W}$(OH, F, Cl)-домінуючих амфіболів окремі підгрупи виділяються за провідною розстановкою зарядів і типу катіонів в позиції *B*. Безпосередньо мінеральні види виділяються на основі, отриманих, кінцевих складів композиційних рядів в підгрупах. Видові імена виділяються за розстановкою цих зарядів і типами катіонів в позиціях *A* і *C*. При цьому, видова назва будується з префіксу і кореневої назви, яка виділяється за розстановкою формальних зарядів. Префікси використовуються для опису гомовалентного ізоморфізму домінуючих іонів в кореневому складі. Також префікси додаються для опису різних варіацій складу і структури. У разі декількох префіксів вони додаються по черзі відповідно до загальної формули.

**Отримані результати, їх обговорення.** Загальна кількість міналів, які були виділені в складі рибекітів, становить 25. В кожному з розрахунків повністю розподілити всі формульні коефіцієнти не вдалося, тобто крім міналів в розрахунках був присутній залишок. Відкинувши його значення, сумарний вміст інших міналів був перерахований на 100%.

Окрім основного міналу – рибекіту, поширеними міналами є: магнезіо-рибекіт (міститься в 30 пробах), фери-барруазит (в 24 пробах), мангано-арфедсоніт (в 23 пробах), грюнерит (в 19 пробах). Мінали ферро-феррі-вінчит і корнева назва 4 виявлені в 13 пробах. Інші мінали виявлені менше ніж в десяти пробах: калі-магнезіо-арфведсоніт, феррі-вінчит і ферi-нюбеїт – в 9; калі-феро-ріхтерит і феро-барруазит – в 4; оксо-магнезіо-рибекіт – в 3; кумінгтоніт, нюбеїт, оксо-фері-барруазит, оксо-фері-вінчит – в 2; оксо-рибекіт, барруазит, оксо-грюнерит, каерсутит, фері-каерсутит феро-фері-нюбеїт оксо-фері-нюбеїт, феро-глаукофан – в 1.

Максимальні значення вмісту найбільш поширених міналів становлять (%): рибекіту – 88,7; магнезіо-рибекіту – 48,6; фери-барруазиту – 38,2; грюнериту –34,9.

Для більш зручного сприйняття отриманої інформації, за допомогою програми STATISTICA, були побудовані потрійні діаграми, в кординатах найбільш поширених міналів: 1) рибекіт–магнезіо-рибекіт–грюнерит; 2) рибекіт–магнезіо-рибекіт–фери-барруазит; 3) рибекіт–магнезіо-рибекіт–мангано-арфедсоніт; 4) магнезіо-рибекіт–феро-барруазит–мангано-арфедсоніт; 5) магнезіо-рибекіт–грюнерит–мангано-арфедсоніт. Найбільш ілюстативні щодо хіимічноо складу рибекітів Криворізького регіону є перші дві (рис. 1). На інших – фігуративні точки розташовані дуже стисло, що ускладнює аналіз діаграм.



а

б

***Рисунок 1.*** *Потрійні діаграми мінального складу рибекітів Криворіжжя в координатах рибекіт–магнезіо-рибекіт–грюнерит (а) і рибекіт–магнезіо-рибекіт–фери-барруазит (б).*

**Висновки.** Результати проведених досліджень дали підставу автору зробити такі висновки.

1. Мінальний склад рибекіту має значну розмаїтість, про що свідчить чисельна кількість виділених міналів.

2. Їх вміст в окремих пробах коливається від 4 до 7. Розподіл проб за цим показником такий: по 4 мінали – вісім проб; по 5 – дванадцять; по 6 – вісім; по 7 – десять.

3. Найбільш наочною формою подачі особливостей хімічного складу рибекітів Криворіжжя є потрійні діаграми в координатах: рибекіт–магнезіо-рибекіт–грюнерит і рибекіт–магнезіо-рибекіт–фери-барруазит.

Отримані результати можливо використовувати для аналізу хімічного складу інших мінералів надгрупи «амфіболи» Криворізького басейну і оточуючих його територій.

**Список використаних джерел:**

Высоцкий Э.А. [2004] Месторождения металлических полезных ископаемых. Часть І. Черные цветные металлы: Курс лекций. – Минск: БГУ. – 178 с.

Евтехов В.Д. [1992] Генетическая и прикладная минералогия натриевых метасоматитов железисто-кремнистых формаций Украинского щита (по природным и экспериментальным данным) : автореферат дис. доктора геолого-минералогических наук : 04.00.20. – Львов. – 41 с.

Лазаренко Е.К., Гершойг Ю.Г., Бучинская Н.И., Белевцев Р.Я., Возняк Д.К., Галабурда Ю.А., Галий С.А., Квасница В.Н., Кульчицкая А.А., Мельник Ю.П., Мельников В.С., Павлишин В.И., Пирогов Б.И, Туркевич Г.И. [1977] Минералогия Криворожского бассейна. – Киев: Наукова думка. – 544 с.

Николаенко П.К. [2015] Влияние рудоподготовки некондиционной гематитовой руды Индии на показатели обогащения // Збагачення корисних копалин. – Вип. 60 (101). – С. 11-18.

Павлишин В.І. [1998] Основи кристалохімії мінералів. – К.: ВЦ «Київський університет». – 320 с.

Пирогов Б.И., Стебновская Ю.М., Евтехов В.Д., Ахкозов Ю.Л., Фаркос-Видаль Х., Вальтер АА., Каталенец А.Н., Кудинова Л.А., Кушеев В.В., Малых В.М., Пирогова В.А., Раевская М.Б., Романщак А.А., Тарасенко В.Н., Холошин И.В., Шатрубов Л.Л., Ярощук М.А. Железисто-кремнистые формации докембрия европейской части СССР. Минералогия / гл. ред. Я.Н.Белевцев [1989]. – Киев : Наук. думка. – 166 с.

Сіворонов А. [2010] Залізорудні формації зеленокам'яних комплексів Східноєвропейської платформи (систематика та генезис) // Вісник Львів. ун-ту: Серія геол. – Вип. 24. – С. 3-7.

Стрельцов В.О., Євтєхов В.Д., Євтєхова А.В. [2019] Варіативність хімічного складу рибекіту Криворізького басейну // Геолого-мінералогічний вісник Криворізького національного університету. – Кривий Ріг. – Том 21. – № 1 (41). – С. 43–53.

Харитонов В.М. [2000] Мінералогія скандію Первомайського родовища: дис. ... канд. геол. наук: 04.00.20 – мінералогія, кристалографія. Кривий Ріг. – 324 с.

Hawthorne F.C., Oberti R. et al. [2012] IMA Report. Nomenclature of the amphibole supergroup // American Mineralogist. – Vol.97. – P. 2031-2048.

# СЛОВНИК УКРАЇНСЬКИХ НАЗВ МІНЕРАЛЬНИХ ВИДІВ – КРОК ДО СТВОРЕННЯ «МІНЕРАЛОГІЧНОЇ ЕНЦИКЛОПЕДІЇ УКРАЇНИ»

***Черниш Д.С., Кульчицька Г.О.***
*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка НАН України,*
*Київ, chernysh@nas.gov.ua, kulchec@ukr.net*

***The Dictionary of Ukrainian names of mineral species was published in 2019. The publication takes into account the nomenclature recommendations of the International Mineralogical Association. The spelling of mineral names is given according to the recommendations of the Terminological Commission of the Ukrainian Mineralogical Society. The publication of the Dictionary was preceded by a number of publications and its extensive discussion on the website http://mineralopediaukraine.com. The compilers hope that the use of the names of minerals given in the Dictionary will help to improve the culture of scientific publications on mineralogical topics, and the preparation of the «Mineralogical Encyclopedia of Ukraine» thus advanced one fundamental step forward.***

# DICTIONARY OF UKRAINIAN NAMES OF MINERAL SPECIES – A STEP TO CREATION OF THE «MINERALOGICAL ENCYCLOPEDIA OF UKRAINE»

***Chernysh D.S., Kulchytska H.O.***

**Вступ.** Здавна людина, пізнаючи навколишній світ, намагалася дати визначення явищам, предметам, систематизувати і класифікувати набуті знання. Мова – живий організм, який постійно розвивається, осучаснюється, збагачується іншомовними словами, зокрема і професійними. Тому процес творення нових термінів безперервний і триває віками.

**Українська наукова термінологія.** Історія розвитку української наукової термінології бере свій початок з 1860-х рр. Коротка стаття лексикографа і етнографа М. Левченка «Заметка о русинской терминологии» (1861) була першою спробою привернути увагу до необхідності розробки наукової термінології на основі зрозумілої і загальнодоступної української народної мови та створення російсько-українського словника.

«Золотою добою» (*Вовченко та ін., 2002*), «золотим десятиріччям» (*Вовк, 1995*) розвитку української термінології справедливо називають 1920–1930 рр. Тоді, у часи становлення української державності, у складі Всеукраїнської академії наук (ВУАН) було створено Інститут української наукової мови (ІУНМ), що об'єднав Правописно-термінологічну комісію ВУАН та Термінологічну комісію Українського наукового товариства в Києві. Складання термінів і термінологічних словників стало на наукову основу, отримало свою методологію і почало розвиватися планомірно та за підтримки держави. Про важливість збирання матеріалів для створення термінологічних словників говорить той факт, що «Листи кореспондентів до Інституту були урядово звільнені від поштової оплати» (*Огієнко, 2004*, с. 378).

Розвиток української термінології 1933–1990 рр. пішов шляхом її зросійщення (*Блудша, 2008*; *Дорошенко, 2008*). Термінологічні словники, видані ІУНМ були вилучені з бібліотек і закладів освіти та знищені, сам Інститут було суттєво переформатовано, а багато його співробітників змушені були припинити свою роботу.

1991 р. українська мова отримала статус державної, що дало поштовх збільшенню наукових публікацій українською. Закон України 2019 р. «Про забезпечення функціонування української мови як державної» з новою силою актуалізував необхідність створення наукової термінології державною мовою. За підрахунками С. Дорошенко (2008), в Україні протягом кінця XX–початку XXI ст. вийшли друком понад 600 термінологічних словників (енциклопедичних, словників-довідників, науково-технічних, російсько-українських, англо-українських тощо).

**Українська природнича термінологія.** Через невелику кількість україномовних наукових праць природничого спрямування термінологія у цій галузі знань була нерозвиненою (*Процик, 2012*). Водночас потреба у її створенні, на думку Гр. Холодного (1928), була чи не найгострішою серед інших наук.

Фундатором української природничої термінології слід вважати І. Верхратського. Протягом 1864–1879 рр. він видав шістьма випусками «Початки до уложення номенклатури і термінології природописної народної», матеріали до яких було зібрано в Галичині, Закарпатті, Буковині.

Укладачем першого «Словника геологічної термінології» (1923) був один із основоположників геології і географії України П. Тутковський, який у той час головував у Геологічній секції Природничого відділу ІУНМ. Учений вважав розроблення української природничої термінології «пекуче-потрібною» справою, зазначав, що в «українській науковій і популярній природничій літературі багато термінів невдалих, невлучних, дуже негарних» (*Тутковський, 2008*). Використавши зібрані та впорядковані І. Верхратським та С. Рудницьким (*Рудницький, 1908, 1913*) народні та наукові українські природознавчі терміни, П. Тутковський доповнив їх мінералогічною, геологічною та географічною термінологією із доступних йому літературних джерел. У вступному слові до Словника автор зазначає: «Природнича термінологія в дійсности існує в народі. Неможливо ігнорувати і занедбати словних скарбів, що безперечно існують в народній мові; в ній є дуже гарні і яскраві вирази; треба лише завдати собі труду – ознайомитися з тими скарбами, пильно розшукати і науково-критично вивчити їх». Так, у Словнику знаходимо вдалі народні терміни (синоніми): алюміній – глинець; аміак – смородець; ангідрид – безводник; астеризм – звіздкування; барит – тяжень; конгломерат – зліпняк; криптоморфний – гущавий; мікроскоп – дрібновид; самородок – родимець тощо. Водночас іншомовні слова автор також наводить поряд із народними. Згаданий Словник містив усі відомі на той час терміни і був покликаний привернути увагу до необхідності створення професійної української термінології і сприяти порозумінню між фахівцями шляхом вироблення і затвердження однозначних термінів.

**Мінералогічна термінологія та Словник українських назв мінеральних видів.** Серед природничих наук мінералогія – одна з найдавніших, але перший тлумачний словник з мінералогічної термінології «Виразня мінеральогична» І. Верхратського побачив світ лише 1909 р. Видання містило понад 580 термінів з мінералогії та кристалографії, поданих українською та німецькою мовами. Автор запропонував назви простих форм кристалів, терміни для характеристики фізичних властивостей мінералів.

Розквіт мінералогічних досліджень в Україні, який дослідники називають «золотим віком» (*Матковський, 2017*), припав на період 1940–1990 рр. Саме тоді всебічно розвивалися вже відомі напрями мінералогії (регіональна, генетична, кристалохімія мінералів) та зароджувалися нові (космічна, фізика мінералів тощо). Були засновані періодичні видання, проводилися наукові форуми, видавалися підручники. З'явилися фундаментальні монографічні зведення з мінералогії різних регіонів України та про окремі породоутворювальні мінерали. Проте серед великого різноманіття праць словник був лише один – «Мінералогічний словник» Є. Лазаренка та О. Винар (1975). Як зазначали у Передмові самі автори, «Словник є першою спробою зібрати й упорядкувати сучасну українську мінералогічну термінологію і встановити провідні принципи відбору старих і утворення нових термінів» (с. 5). Видання побудоване за енциклопедичним принципом і містить понад 14 000 назв мінералів і мінералогічних термінів. З того часу подібних праць не з'являлося. Нині єдиним офіційно рекомендованим нормативним словником української наукової термінології, який містить мінералогічні терміни і назви мінералів, є «Російсько-український словник наукової термінології. Математика. Фізика. Техніка. Науки про Землю та Космос» (1998), що включає близько 120 тис. термінів.

Світова потреба у сировині для різних галузей промисловості стимулює поглиблене дослідження мінеральної речовини, що у поєднанні з розвитком наукового приладобудування та залученням до пошуків сировини методів, розвинутих на стику наук, привело до росту числа відомих мінералів, збагачення їх номенклатури на низку нових назв. З 1959 р. контроль над уведенням нових назв мінералів та вироблення єдиних правил реєстрації нових видів здійснює Міжнародна мінералогічна асоціація (ММА). В Україні таким регулюючим органом з 2017 р. є Термінологічна комісія Українського мінералогічного товариства (УМТ), одним із першочергових завдань якої стало створення Словника українських назв мінеральних видів. Необхідність створення Словника стала невідкладною і зрозумілою з початком реалізації масштабного проєкту «Мінералогічна енциклопедія України» (МЕУ), ідея якого належить академіку Є. Лазаренку. Перший рукописний варіант Словника для МЕУ з переліком термінів, які мали отримати трактування в енциклопедії, створив В. Павлишин у 2001 р. У процесі подальшої його підготовки для забезпечення однозначності ідентифікації мінералів їх назви запропоновано упорядкувати відповідно до міжнародної номенклатури (*Пономаренко, Кульчицька, 2015*). Термінологічною комісією УМТ ухвалено спосіб утворення кириличних синонімів, правопис назв хімічно або структурно видозмінених аналогів та префіксів, утворених від назви хімічного елемента (*Кульчицька та ін., 2017*). У 2019 р. на сторінках журналу «Записки УМТ» опубліковано Словник, який містить понад 9 тис. термінів. У ньому правопис назв мінералів, відомих до 1975 р., запозичено з «Мінералогічного словника» (1975); назви мінералів, відкриті у період 1975–1990 рр. подано аналогічно кириличним термінам з «Минералогического словаря» (2008); українські синоніми назв мінералів, затверджених після 1990 р. утворено шляхом транскрибування – запис вимови латинописної назви мінералу. Крім назви мінерального виду англійською, українською і російською мовами, у Словнику подано кристалохімічні формули, дати затвердження і походження назви. Словник рекомендовано до друку рішенням Ученої ради Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка НАН України. Його видання є підґрунтям для друкованих чи електронних зведень з мінералогії, баз даних мінералів, мінералогічних довідників тощо, оскільки задля уникнення появи помилкових термінів подібні праці повинні бути створені за уніфікованими нормами, однією з яких є назва мінералу (мінерального виду).

Досвід підготовки словників, як і будь-яких інших довідкових видань, показав явну перевагу он-лайн ресурсів над друкованими виданнями. Значний обсяг матеріалу, зміни в номенклатурі мінералів та правописі потребують змінити підхід до оприлюднення даних. Тому на сайті МЕУ, створеному за спонсорської підтримки, розміщено портальну версію Словника українських назв мінеральних видів.

Наразі розпочато наступний етап – наповнення сторінок описом мінералів, бібліографією з мінералогії України, біографіями відомих мінералогів, світлинами зразків мінералів тощо.

Українська мінералогія починає вливатися у світову. Для полегшення розуміння і уникнення різночитань необхідним є дотримання номенклатурних рекомендацій ММА. Водночас, у науковій спільноті спостерігається тенденція послуговуватися своєю національною мовою для передавання деяких назв і термінів. Зокрема сайт www.mindat.org для кожної затвердженої назви мінералу і багатьох незатверджених подає німецькі й іспанські синоніми, для багатьох мінеральних видів наведено орфографію назви іншими мовами. Ще серед авторів перших зведень з української природничої термінології не було однозначної думки, яким шляхом рухатися далі, – зосередитися на необхідності використання народнорозмовних понять для позначення фахових термінів чи привести національну термінологію у відповідність з міжнародною (*Процик, 2012*). На тлі тотальної глобалізації усіх сфер наукової діяльності важливим є не загубити українські синоніми назв мінералів і вживати їх у науковій літературі поряд із латинописними термінами, затвердженими ММА.

**Висновок.** Словник українських назв мінеральних видів створено з урахуванням номенклатурних рекомендацій ММА. Він містить назви мінералів, правопис яких подано згідно з рекомендаціями Термінологічної комісії УМТ. Оприлюдненню Словника передувала низка публікацій і широке його обговорення на сайті http://mineralopediaukraine.com. Упорядники сподіваються, що використання назв мінералів, поданих у Словнику, сприятиме підвищенню культури наукових публікацій з мінералогічної тематики, а підготовка «Мінералогічної енциклопедії України» таким чином просунулася на один фундаментальний крок уперед.

**Список використаних джерел:**

Блудша М. [2008] Гніздо термінів на позначення явищ, пов’язаних із магнетизмом, за термінологічними словниками XX сторіччя // Вісник Нац. ун-ту «Львівська політехніка». Серія «Проблеми української термінології». – № 620. – С. 182–192.

Верхратський І. [1909] «Виразня мінеральогічна» // Збірник матем.-природописн.-лікарськ. секції наук товар. ім. Шевченка. – Львів. – С. 1–64.

Вовк А. [1995] Термінологічні проблеми кібернетики // Науково-технічне слово. – № 1 (4). – С. 23–30.

Вовченко Р., Бохорська Л., Полубічко О. [2002] Про етимологію мінералів в українській геологічній термінології // Вісник Нац. ун-ту «Львівська політехніка». Серія «Проблеми української термінології». – № 453. – С. 113–121.

Дорошенко С. [2008] З історії лексикографічного опису українських термінів нафтогазової промисловості // Вісник Нац. ун-ту «Львівська політехніка». Серія «Проблеми української термінології». – № 620. – С. 167–170.

Кривовичев [2008] Минералогический словарь. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та. – 556 с.

Кульчицька Г., Матковський О., Павлишин В., Черниш Д. [2017] Пропозиції щодо правопису українських синонімів латинописних назв мінералів // Мінерал. зб. – № 7, вип. 1. – С. 90–100.

Лазаренко Є.К., Винар О.М. [1975] Мінералогічний словник. Українсько-російсько-англійський. – Київ: Наук. думка. – 776 с.

Левченко М. [1861] Заметка о русинской терминологии // Основа. – № 7. – С. 183–186.

Матковський О. [2017] Золотий вік в історії мінералогії України // Записки Укр. мінерал. тов-ва. – Т. 14. – С. 5–31.

Огієнко І. [2004] Історія української літературної мови / Упоряд., авт. іст.-біогр. нарису та приміт. М.С. Тимошик. – [2-ге вид., випр.]. – К.: Наша культура і наука. – 434 с.

Пономаренко О.М., Кульчицька Г.О. [2015] Упорядкування номенклатури мінеральних видів у зв’язку з підготовкою «Мінералогічної енциклопедії України» // Мінерал. журн. – Т. 37, № 2. – С. 3–12.

Процик І.Р. [2012] Володимир Левицький – укладач першого словника українських фізичних термінів // Проблеми української термінології: Зб. наук. пр. міжнар. наук. конф., 27–29 верес. 2012 р.: – Л. – С. 132-136.

Рудницький С. [1908] Начерк ґеоґрафічної термінольоґії // Збірник математично-природописно-лікарської секції НТШ. – Т. XII. – Львів. – С. 1–151.

Рудницький С. [1913] Причинки до ґеоґрафічної термінольоґії // Збірник математично-природописно-лікарської секції НТШ. – Т. XV. – Львів. – С. 1–16.

Тутковський П.А. [2008] Словник геологичної термінології: Відтворення видання 1923 р. – К.: Ін-т енциклопедичних досліджень НАН України. – Сер. «Із словникової спадщини». – Вип. 5. – 172 с.

Холодний Гр. [1928] До історії організації термінологічної справи на Україні // Вісник ІУНМ. – Вип. 1. – С. 9–20.

# КОМПЛЕКСУВАННЯ МЕТОДІВ НАУК ПРО ЗЕМЛЮ ПРИ ВИРІШЕННІ ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧ

## ПЕРСПЕКТИВИ НАФТОГАЗОНОСНОСТІ П'ЯТИГОРІВСЬКОЇ ПЛОЩІ ДНІПРОВСЬКО-ДОНЕЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ ЗА ДАНИМИ КОМПЛЕКСУ АТМОГЕОХІМІЧНИХ І ДИСТАНЦІЙНИХ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

***Азімов О.Т.[1], Багрій І.Д.[2], Дубосарський В.Р.[2], Чижиковський В.С.[3]***

*[1]Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України, Київ,*
*azimov@casre.kiev.ua*
*[2]Інститут геологічних наук НАН України, Київ, info@igs-nas.org.ua, dvr2569@ukr.net*
*[3]ТОВ «Мастер Літ Індастрілз», Київ*

***Using the technology of structural, thermic, and atmogeochemical investigations the authors performed a number of the studies among which are the geostructural and morphostructural analyses, the structural interpretation of satellite data, field works on the emanation and thermometric surveys, laboratory chromatographic analyses of gas samples collected from the undersoil layer, integrated interpretation of atmogeochemical and remote sensing data, predicting oil-gas occurrence for the Piatyhorivka area within the Dnieper-Donets Depression. It is found that this area is located in the complicated tectonic environment. Within its boundaries the relative "autonomic" northern and southern zones of the anomalous gas elimination are detected and five local plots of the difficult configuration projected for the further exploration of oil and gas accumulations are identified.***

## PROSPECTS OF OIL-AND-GAS OCCURRENCE FOR THE PIATYHORIVKA AREA WITHIN THE DNIEPER-DONETS DEPRESSION USING ATMOGEOCHEMICAL DATA SET AND REMOTE SENSING METHODS

***Azimov O.T., Bagriy I.D., Dubosarsky V.P., Chizhikovskiy V.S.***

**Вступ та постановка завдання.** Прогнозування покладу вуглеводнів (ВВ) у земних надрах є складним завданням. Необхідно визначити не тільки просторове розташування покладу і глибину його залягання, а також насиченість певним типом флюїду, збереженість тощо. Наприклад, флюїдопроникні й геодинамічно активні зони, як канали енергомасоперенесення та шляхи газовиділення (зокрема, радіоеманацій), активно впливають на умови формування та зберігання покладів ВВ, впливають на шляхи міграції до земної поверхні різних за складом й походженням флюїдів, у тому числі й тих, що є прямими індикаторами газових покладів. На розподіл газів у приповерхневому шарі впливає значна кількість геологічних, структурно-тектонічних, літологічних та інших чинників.

Одержання зазначеної інформації може бути досягнуто при впровадженні в пошуковий процес окрім традиційних геолого-геофізичних робіт також і відносно нетрадиційних методів досліджень, які є експресними і малозатратними, та їхніх комплексів. До таких, зокрема, належить комплекс структурно-термо-атмогеохімічних досліджень (СТАГД), в основу якого покладені нові науково-методичні та прикладні розробки з удосконалення та впровадження у практику приповерхневих експресних методів прогнозування зон розривних порушень підвищеної геофлюїдопроникності (тріщинуватості, розущільнення) з метою вирішення низки геологопошукових та геоекологічних завдань *(Багрій та ін., 2016)*.

Базуючись на технології СТАГД, завданням наших досліджень було уточнення структурної моделі та прогнозування флюїдопроникності перспективних ділянок у межах П'ятигорівської площі Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) на основі виявлення сучасних геодинамічно активних диз'юнктивних зон підвищеної проникності, що визначають шляхи міграції до земної поверхні різних за складом флюїдів (зокрема, вуглеводневих індикаторів).

**Аналіз попередніх досліджень й виділення невирішених раніше проблем.** П'ятигорівська площа приурочена дл південної крайової зони ДДЗ. Північна її частина розташована в межах південної прибортової частини западини, а південна – у межах її південного борту. Таким чином, закартовану на площі сейсморозвідкою методом спільної глибинної точки (МСГТ) по горизонтах відбиття $VI_2$ ($D_3^4$) і $Vв_3$ ($C_1v_1$) назначну за розмірами П'ятигорівську брахиантиклінальну складку з північного заходу на південний схід перетинає південне крайове порушення *(Воскобойник та ін., 1992)*. Авторами вказаного звіту на перетині профілів $41_{24}5$ 88 і $12_{24}5$ 88 в апікальній частині підннятя, що за горизонтом $Vв_3$ окреслена ізогіпсою -2925 м, рекоментовано до буріння свердловину з метою подальшої оцінки перспектив нафтогазоносності площі. Однак пробурено її не було.

Виконані раніше аерокосмогеологічні дослідження *(Тарангул и др., 1986)* деталізаційної картини щодо розривної тектоніки на площі не дали, оскільки охоплювали значно більшу за розмірами ділянку. Атмогеохімічної зйомки в районі до 2017 р. не проводилося. Отже, оцінювання вуглеводневого потенціалу власне П'ятигорівської площі на детальному масштабному рівні прямими або непрямими методами в попередні роки не виконувалося. Тож перед надрокористувачем площі постала ця невирішена раніше проблема, до вирішення якої залучно комплекс СТАГД.

**Матеріали, методи й технолологія досліджень.** Авторами виконано комплекс досліджень за технологією СТАГД *(Багрій та ін., 2021)*, що включав: геоструктурний аналіз наявного матеріалу геолого-геофізичних робіт; морфоструктурний аналіз та структурне дешифрування даних космічного знімання (базовий мультиспектральний знімок ASTER з космічного апарата Terra від 17.04.2004 р., SRTM-зображення з супутника Shuttle) та топографіних карт; польові роботи (еманаційна – радон і торон – Rn, Tn; атмогеохімічна – водень, гелій, вуглекислий газ – $H_2$, He, $CO_2$, вільні вуглеводні; та термометрична зйомки); лабораторний хроматографічний аналіз проб газів, що відібрані з підґрунтового шару; обробка й інтерпретація результатів експедиційних досліджень; комплексна інтерпретація отриманих даних атмогеохімічних і дистанційних методів досліджень; прогнозування нафтогазоносності ділянки робіт, що може бути пов'язаною із структурними та неструктурними пастками, на основі виявлення сучасних геодинамічно активних зон розривних порушень підвищеної флюїдопроникності.

У 2017 р. за технологією СТАГД відпрацьовано 24 пункти спостережень (ПС) на площі приблизно 10 км² з прив'язкою цих пунктів до координатної мережі за глобальною системою позиціонування (GPS). У 2020 р. виконано відбір 145 (+3 додаткових) проби на площі, що приблизно становила 10 км². У 2021 р. у межах південної частини площі досліджень зроблено повторне обстеження на 21 ПС.

**Результат проведених досліджень та його обговорення.** За результатами ***структурного дешифрування даних дистанційних знімань*** складено зведені електронні (у векторному форматі) картосхеми елементарних лінеаментів і дуготипів. Лінійні об'єкти згруповано в лінеаменти та їхні зони. Вони утворюють закономірно розташовані системи певних напрямків, головними з яких є діагональні. Лінеаментні зони інтерпретуються як активізовані на сучасному етапі тектогенезу структури диз'юнктивного походження. Їхній каркас являв базис для подальшого комплексного аналізу отриманого у процесі досліджень масиву різнорідних даних.

Результатами математико-статистичної обробки польових ***термометричних досліджень*** виявлено наступне. У 2017 р. підвищенні значення показника спостерігалися вздовж північно-західної і східної частин площі досліджень, у центральній її частині на двох ПС фіксувалася зона знижених значень температури. У 2020 р. загалом фіксувалося три ділянки температурного підвищення показника: ділянка 1 – складної форми, розташована в північній частині площі досліджень (в її межах виділяється лінійно витягнута зона субмеридіонального напрямку), ділянка 2 – площової форми, слабкоінтенсивна, розташована в центральній частині західного краю площі, ділянка 3 – утворює на півкільце, південна, західна і північна частини якого фіксуються температурною зйомкою, а східна невизначена через відсутність ПС. За результатами досліджень 2021 р. підвищені значення показника спостерігалися вздовж північної частини площі.

***Еманаційні дослідження*** (визначення об'ємної концентрації в підґрунтовому повітрі Rn, Tn та їх співвідношень) відображають здебільшого приурочені до зон тріщинуватості гірських порід зони геодинамічного напруження земної кори в межах досліджуваної площі, які пов'язані з відповідними зонами геодинамічного стиснення або розтягнення. За розподілом вказаних показників відзначається відсутність "ураганних" значень, що перевищують среднє + 3S. Показники фіксувалися на рівні фонових і незначною мірою підвищених значень. Це свідчить про відсутність інтенсивних геодинамічних напружень на площі. Разом з тим за результатами досліджень 2017 р. визначено дві зони відносного напруження, які охоплюють східну і північно-західну частини площі досліджень. За результатами робіт 2020 р. чітко визначаються дві локальні ділянки – північна і південна.

***Атмогеохімічними дослідженнями*** концентрацій вуглекислого газу в підґрунтовому повітрі встановлено, що незалежно від року зйомки підвищені й аномальні значення його вмісту загалом збігаються з підвищеними значеннями радону і торону. Вуглекислий газ, як правило, свідчить про процеси окиснення, які найбільш інтенсивно проходять по зонах тріщинуватості, де існує постійний підтік з надр неокиснених вуглеводневих сполук, і в той же час є вільний кисень.

Гелій найбільшою кількістю проб (у 117 з 145) виявлено під час зйомки 2020 р. Підвищені його значення на площі загалом групуються на трьох ділянках: 1) лінійно витягнутій, що утворює аномалію з морфологією у плані типу «кутового клину»; розташована у північній частині площі; 2) колоподібній площовій (аномалія в центральній частині західної межі площі); 3) площовій, що закартована в центральній частині східної межі площі). Наявність гелію свідчить про активне розвантаження глибинних газів на площі досліджень, однак цей процес відбувається не по геодинамічно активних зонах, яким відповідають аномалії радону і торону.

За результатами досліджень водню у підґрунтовому повітрі в межах площі робіт не визначено. Можливо в існуючих місцях розвантаження цього газу протікають активні хімічні процеси, що його зв'язують, унаслідок чого концентрація водню істотно зменшується.

У межах площі робіт виконувались атмогеохімічні дослідження з визначення метану ($CH_4$), етану ($C_2H_6$), пропану ($C_3H_8$), ізобутану ($iC_4H_{10}$), бутану ($nC_4H_{10}$), ізопентану ($iC_5H_{12}$), пентану ($C_5H_{12}$), гексану ($C_6H_{14}$) та ненасичених вуглеводнів – етилену ($C_2H_4$), і пропілену ($C_3H_6$), складалися відповідні карти (рис. 1). За розподілом метану і його гомологів виявлено складний і нерівномірний розподіл показників, що свідчить про дрібноблокову будову площі. Розподіл метану дещо відрізняється від розподілу його гомологів. Так метан загалом фіксується у північній частині площі, у той час як його гомологи утворюють дві зони – північно-східну і південно-західну. У деяких випадках на ПС підвищені значення гомологів метану просторво не збігаються з підвищеними значеннями концентрацій власне метану, що зазвичай спостерігається при існуванні диз’юнктивних порушень з похилими площинами розривів, які поряд з відомими за даними сейсморозвідки передбачаються нами. Разом з тим відмічається низька проникність площі крайового скиду Дніпровського граьену, в межах якого зафіксовані загалом фонові значення показників $C_2H_6$, $C_3H_8$, $C_2H_4$, $C_3H_6$, $iC_4H_{10}$, $nC_4H_{10}$, $iC_5H_{12}$, $C_5H_{12}$.

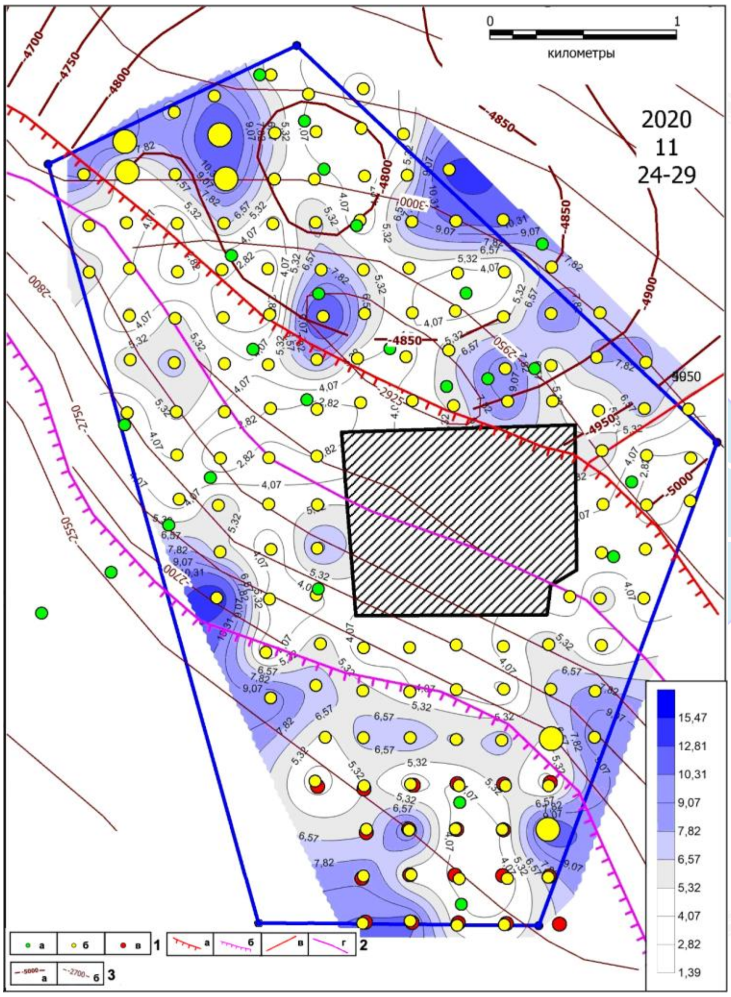


**Рисунок 1.** *П’ятигорівська площа ДДЗ. Картосхема розподілу показників суми вуглеводнів (ΣС2–С6 * $10^{-6}$, об.%). 1 – пункти спостережень СТАГД: а) 2017 р., б) 2020 р., в) 2021 р.; 2, 3 – дані сейсмо-розвідки МСГТ: 2 – розривні порушення: а, б – південне крайове, виявлене по горизонтах відбиття $VI_2$ ($D_3^4$) (а) і $Vв_3$ ($C_1v_1$) (б), в, г – інші, по відбивних горизонтах $VI_2$ (а) і $Vв_3$ (б); 3 – ізогіпси горизонтів відбиття $VI_2$ (а) і $Vв_3$ (б).*

Дослідженнями за результатами просторового розподілу атмогеохімічних показників виконано розрахунок вмісту суми гомологів метану $C_2$–$C_6$. Побудована відповідна карта дозволяє визначити слабкопроникні для них місця в межах площі досліджень (рис. 1).

Критеріями виділення нафтогазоперспективних ділянок у межах П’ятигорівської площі нами вважалися відсутність аномальних полів, виділених за результатами аналізу матеріалів еманаційних, термометричних і атмогеохімічних досліджень. На основі вивчення розподілу відповідних показників, використовуючи оригінальні обчислювальні програми *(Багрій та ін., 2016)*, проведено районування території робіт і побудовано картосхему розташування в її межах перспективних на пошуки покладів ВВ ділянок. Встановлено п’ять локальних ділянок складної кофігурації у плані, площа найменшої з яких становить 0,19 км$^2$, а найбільшої – 0,6 км$^2$.

**Висновки й перспективи досліджень.** Отже, застосований комплекс приповерхневих методів досліджень засвідчив свою ефективність у вивченні особливостей геофлюїдодинаміки відомих і передбачуваних розривних порушень в межах П’ятигорівської площі ДДЗ, диференціювавши їх на флюїдопровідні та непроникні. Отримані матеріали складуть основу для подальшого підвищення ефективності прогнозних і пошукових робіт на поклади ВВ на площі. Для цього вони передані відповідному надрокористовачу (ТОВ «Мастер Літ Індастрілз») для використання.

На наступному етапі досліджень необхідно застосовувати дані мультиспектрального дистанційного знімання високого просторового, спектрометричного і радіометричного розрізнення (типу космічних знімків класу QuickBird, WorldView та ін., а також дані зйомки з безпілотних літальних апаратів). При цьому на підставі виконання структурно-геодинамічного методологічного підходу дешифрування даних дистанційних знімань *(Азімов, 2008)* можливо отримати уявлення про кінематичні особливості розривних порушень, характер і напрямок пов'язаних з ними неотектонічних рухів і напруг. Це важливо для якісної оцінки ступеня тріщинної проникності гірських утворень.

**Список використаних джерел:**

Азімов О.Т. [2008] Дослідження диз'юнктивних дислокацій земної кори аерокосмічними методами (на прикладі регіонів України): Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра геол. наук: 04.00.01 "Загальна та регіональна геологія" / ІГН НАН України. Київ.– 37 с.

Багрій І.Д., Азімов О.Т., Дубосарський В.Р. та ін. [2021] Провдення структурно-атмогеохімічних досліджень на П'ятигорівській площі. Заключний звіт / Київ: ІГН НАН України.– 74 с.

Багрій І.Д., Дубосарський В.Р., Аксьом С.Д. та ін. [2016] Геолого-структурно-термо-атмогеохімічні технології прогнозування, пошуків і розвідки родовищ вуглеводнів: Навч. посіб. Київ: ІГН НАН України. – 309 с.

Воскобойник М.М. та ін. [1992] Звіт про роботи МСГТ на Лутайківсько-Хутірській площі, виконані сейсморозвідувальною партією 5/88 / КГРЕ. Київ.

Тарангул Д.А., Макарчук А.Л., Самчук А.А. и др. [1986] Детальные аэрокосмические исследования Глинско-Розбышевского, Прилукско-Лосиновского и Воскресеновского участков ДДВ с целью выявления перспективных площадей для сейсморазведочных работ. Отчет о НИР по теме 82.67.84/01.11 (заключительный) / КО ИГиРГИ. № ГР 39-84-133/13. Киев. – 190 с.

# ТЕПЛОВАЯ МОДЕЛЬ ГРАБЕНООБРАЗНОЙ СТРУКТУРЫ ПРИ НАЛИЧИИ СОЛЯНОЙ ТЕКТОНИКИ

***Бахова Н.И.***

*Институт геофизики им. С.И Субботина НАН Украины,*
*Киев, bakhova.nataly@gmail.com*

***The two-dimensional geothermal model of a graben-like geological structure with elements of salt tectonics is constructed. Information about the value and character of the growths of the geothermal field parameters in anomalous regions is obtained. The accuracy of solving the stationary heat equation with variable boundary conditions based on the finite element method does not exceed 0,6%.***

# THERMAL MODEL OF A GRABEN-LIKE STRUCTURE IN THE SALT TECTONICS PRESENCE

**_Bakhova N.I_**

**Вступление.** Соляные структуры представляют собой настоящий феномен, неизменно привлекающий интерес исследователей. Образование куполов служит предметом активной научной полемики, поскольку наличие подобных структур оказывает существенное влияние на распределение скоплений нефти и газа.

В некоторых нефтегазоперспективных провинциях, например, в Мексиканском заливе и Техасе, практически все месторождения нефти и газа связаны именно с соляными куполами. Углеводородные ловушки могут формироваться как вблизи выходящих на поверхность Земли диапиров, так и над подземными куполообразными соляными структурами.

**Анализ предыдущих исследований, формирование проблемы, актуальность ее решения, задачи исследования.** Соляная тектоника – широко распространенная форма проявления складчатых дислокаций осадочного слоя земной коры. Соляные структуры обладают низкой плотностью относительно других осадочных пород и высокой пластичностью в условиях повышенных давлений и температур. Формы проявления соляной тектоники – это соляные штоки, диапиры, валы и антиклинали (*Хаин, 1989*).

Верхушки большинства соляных куполов расположены на глубине сотен метров. Если с помощью мысленного эксперимента спроецировать подобные структуры на поверхность Земли, то их распределение, на первый взгляд, покажется бессистемным. Однако на глубине около километра значительная часть штоков с помощью соляных перешейков соединяются в гряды с определенной ориентацией. Продвигаясь вглубь до 2-3 км можно наблюдать более сложную соляную структуру с преобладанием трех-четырехсторонних многоугольников. Очевидно, что такое строение массивов соли подчинено фрактальным закономерностям. Следует отметить, что на развитие соляных структур сильное влияние оказывает рельеф подсолевого ложа, в частности, крупные уступы, образованные разломами геологического фундамента впадины.

Прикладные аспекты геотермических исследований тесно связаны с применением терморазведки на континентах и на акваториях. В вычислительной геотермии широко используются общие принципы разведочной геофизики: построение физико-геологических моделей изучаемого объекта; понятие «аномалий» и вычислительные возможности их выделения; решение прямых задач; комплексирование и комплексная интерпретация данных (*Бахова, 2009*).

Достаточно подробные результаты расчетов приповерхностного теплового режима необходимы для (*Бахова, 2011*):

– классификации физико-математических свойств геотермических аномалий;

– изучения глубинных температур;

– разработки интегрированной системы интерпретации геолого-геофизической информации.

Отражение в распределении теплового поля особенностей строения геологической среды и местонахождения полезных ископаемых является наиболее ценной информацией, а сведения об абсолютной величине изучаемых параметров имеют подчиненное значение. Указанная иерархия расчетных данных является фундаментальной основой актуальности решения насущных вопросов моделирования.

Задача исследований заключается в следующем. Необходимо разработать методику расчетов температур и поверхностного теплового потока в неоднородной геологической среде с элементами соляной тектоники. Далее следует установить взаимосвязь расчетных параметров с особенностями геологического строения среды и размещения в ней массивов соли.

**Фактический материал и методология исследований.** Физико-геологическая модель неоднородной среды включает в себя прибортовой соляной купол, пластовую соль и солевой шток в центральной части среды. Для решения поставленной задачи необходим гибкий и эффективный численный метод, способный с требуемой на практике точностью оценить влияние природных факторов. Такому сложному требованию современной вычислительной геотермии отвечает метод конечных элементов (МКЭ).

Геометрия физико-геологической модели показана на рис. 1. Размеры модели представлены в абсолютных единицах.

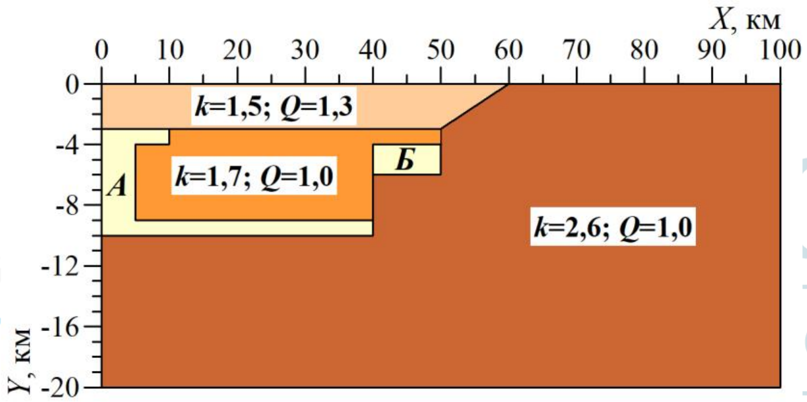


***Рисунок 1.*** *Модель грабенообразной структуры с элементами соляной тектоники:* $A - k = 5,0; Q = 1,0$; $Б - k = 5,0; Q = 1,0$

Определяющим уравнением поставленной задачи является уравнение Пуассона

$$k\left\{\frac{\partial^2\hat{T}}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\hat{T}}{\partial y^2}\right\}+Q=0 \tag{1}$$

На верхней поверхности модели задано граничное условие Дирихле

$$\hat{T}=0^0\text{C}. \tag{2}$$

Боковые стенки идеально изолированы

$$k\frac{\partial\hat{T}}{\partial x}=0. \tag{3}$$

На нижней границе модели задано граничное условие Неймана

$$q = 25 \text{ мВт/м}^2. \tag{4}$$

Уравнение (1) с граничными условиями (2)-(4) единственным образом определяют задачу.

Математическое моделирование является неизбежной составляющей научно-технического прогресса. Постановка вопроса о математическом моделировании отражает четкий план действий. Его можно разбить на три этапа: модель–алгоритм–программа (*Самарский, Михайлов, 2002*).

Конечно-элементная сетка физико-геологической модели изучаемой неоднородной среды (рис. 1) содержит 298 узлов и 527 элементов. Задача решалась с использованием линейной аппроксимации пробной функции. Адаптация модели проводилась с помощью вычислительного эксперимента.

Основная идея метода конечных элементов состоит в том, что любую непрерывную величину (например, температуру) можно аппроксимировать дискретной моделью. Дискретная модель строится на множестве кусочно-непрерывных функций, определенных на конечном числе подобластей. Кусочно-непрерывные функции определяются с помощью значений непрерывной величины в конечном числе точек рассматриваемой области *(Зенкевич, 1975; Зенкевич, Морган, 1986; Норри, Фриз, 1981)*.

**Полученные результаты, их обсуждение.** Результаты расчетов геотермической модели грабенообразной структуры представлены на рис. 2 и рис. 3.

Кривая распределения поверхностного теплового потока наглядно показывает наличие блоков геологической среды с различными теплофизическими свойствами. Пикообразная форма кривой свидетельствует о том, что граница контакта блоков достигла земной поверхности. Характерная для соли высокая теплопроводность является причиной максимальных значений теплового потока (рис. 2).

Изолинии температуры сгущаются в низкотеплопроводных блоках. В областях контакта сред наблюдаются самые высокие градиенты температуры (рис. 3).

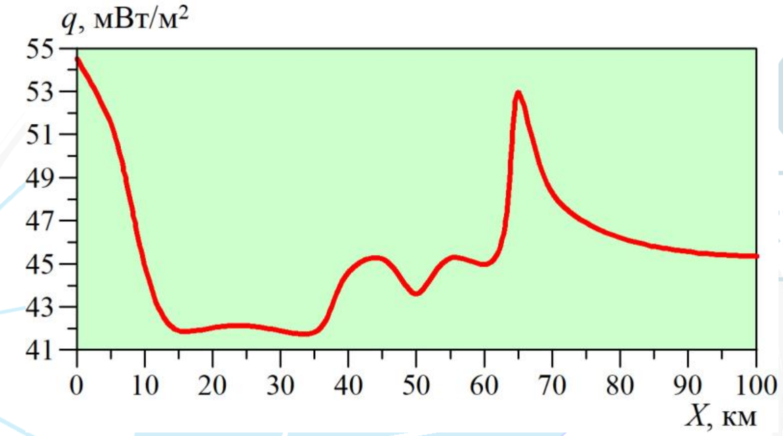


***Рисунок 2.** Распределение температуры для грабенообразной структуры при наличии соляной тектоники.*

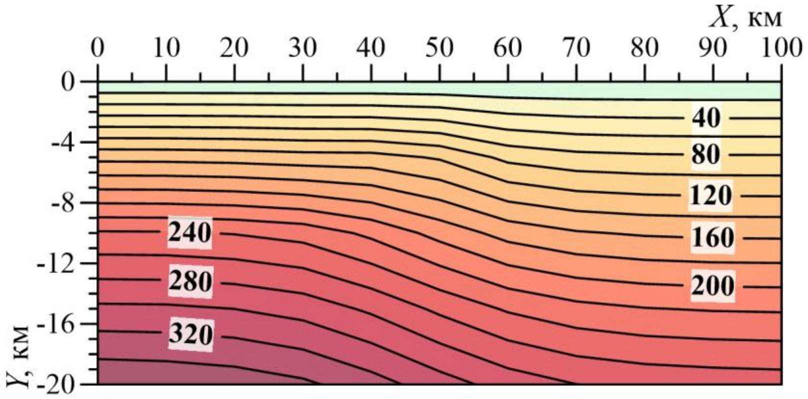


***Рисунок 3.** Распределение поверхностного теплового потока.*

**Выводы.** Построена физико-геологическая модель грабенообразной структуры с элементами соляной тектоники. Ее математическое описание основано на решении стационарного уравнения теплопроводности с переменными граничными условиями. Применен численный метод конечных элементов с линейной аппроксимацией пробной функции. Точность решения составляет не более 0,6%.

## Список использованных источников:

Бахова Н.І. [2009] Обчислювальний експеримент у сучасній геофізиці // Вісник НАУ. – № 3. – С. 262-270.

Бахова Н.І. [2011] Теплова модель Чорноморської западини // Вісник НАУ. – № 1. – С. 144-158.

Бахова Н.І. [2011] Теплова модель Телецького озера // Вісник НАУ. – № 2. – С. 137-147.

Горная энциклопедия. Т.4. / под ред. Е.А.Козловского. [1984-1991]. Хаин В.Е. [1989] Соляная тектоника. Москва: Недра – С. 623.

Зенкевич О. [1975] Метод конечных элементов в технике. – Москва: Мир – 541 с.

Зенкевич О., Морган К. [1986] Конечные элементы и аппроксимация. – Москва: Мир – 318 с.

Норри Д., Фриз К. [1981] Введение в метод конечных элементов. – Москва: Мир – 304 с.

Самарский А.А., Михайлов А.П. [2002] Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры. – 2-е изд., испр. – Москва: ФИЗМАТЛИТ – 320 с.

# ШВИДКОСТІ СУЧАСНИХ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ РУХІВ КОРИ В ЗОНІ ОАШСЬКОГО ГЛИБИННОГО РОЗЛОМУ ТА ЇХ ЗВ'ЯЗОК З ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИМ РОЗПОДІЛОМ МІСЦЕВОЇ СЕЙСМІЧНОСТІ ЗА 2020 РІК

***Ігнатишин В.В.,[1,2], Ігнатишин А.В.[1], Ігнатишин М.Б.[1], Вербицький С.Т.[1], Іжак Т.Й.[2]***

*[1] Інститут геофізики ім.С.І. Субботіна НАН України, Відділ сейсмічності Карпатського регіону, Львів, rgstrs1962@i.ua, Adalbert_Ignatisin@i.ua, sitkomonika@i.ua, sergever@gmail.com,*
*[2]Закарпатський угорський інститут ім. Ференца Ракоці II, Берегове, izsak.tibor@kmf.org.ua*

***The authors studied geophysical processes on the geological structures of the Transcarpathian Inner Trough. The topicality of measuring the parameters of the region's geodynamic state is determined by a gradual increase of seismicity in Transcarpathia and a long period characterized by the absence of perceptible local earthquakes and numerous weak earthquake shocks. The latter increases the probability of stronger seismic processes. The researchers calculated the value of movement in the Oa – deep-seated fault area and formed a spatiotemporal distribution of local seismicity in 2020. They also determined the speed of modern lateral movements of the Earth's crust and compared it with the temporal distribution of local seismicity. The authors came to the conclusion that earthquakes occur in the periods of intensive movements of the Earth's crust, especially during rock compression. Seismic activity also increases in periods of both age-specific and seasonal alternating processes. The researchers determined the correlation of speed curves of the movements of the Earth's crust and the frequency of local earthquakes. The latter is an indispensable component of building a model of seismotectonic processes, as well as the period of their possible intensification in seismically hazardous regions.***

# THE SPEED OF MODERN LATERAL MOVEMENTS OF THE EARTH'S CRUST IN THE OA – DEEP-SEATED FAULT AND THEIR RELATION TO THE SPATIOTEMPORAL DISTRIBUTION OF LOCAL SEISMICITY IN 2020

***Ihnatyshyn V.V., Ihnatyshyn A.V., Ihnatyshyn M.B., Verbytskyi S.T., Izsák T.Y.***

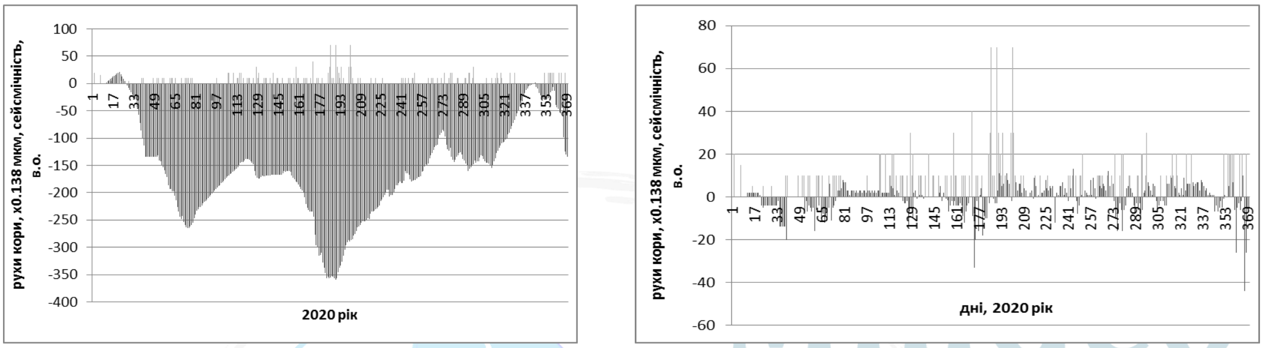
**Вступ.** Сейсмічність Закарпатського внутрішнього прогину представлена землетрусами в тому числі відчутними. На фоні сотень місцевих підземних поштовхів реєструються сильніші, відчутні події. Просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності вказує на періодичність сейсмотектонічних процесів-2-6 місцевих відчутних землетрусів в рік. Актуальність проведення геофізичного моніторингу середовища викликана тривалим періодом, характерним відсутністю сильних сейсмічних подій, починаючи з піку сейсмічної активності в Закарпатті, коли в липні – серпні 2015 року на території Тячівського району Закарпаття було зареєстровано чисельну серію підземних поштовхів різної магнітуди в тому числі 6 відчутних поштовхів. Проведені вимірювання сучасних горизонтальних рухів земної кори в центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину вказують на зв'язок геодинамічного стану із сейсмічною активізацією регіону. Також за результатами деформометричних спостережень в зоні Оашського глибинного розлому встановлено характер рухів кори в періоди прояву місцевих землетрусів. Деформометричні спостереження є високоточними методами вимірювання зміщень земної кори, які дають можливість отримати величини рухів кори та їх динаміку змін. Для кількісних оцінок рухів кори та вивчення зв’язків їх із сейсмічною активністю регіону, варіацією параметрів геофізичних полів: магнітного поля, електромагнітної емісії, радіоактивного фону середовища важливо отримання кінематики геомеханічних процесів верхніх шарів земної кори. Вимірювання рухів кори та їх динаміки необхідно для виявлення періодів коли відмічаються кореляції рухів кори і сейсмічності регіону, залежності енергії землетрусів від затраченої енергії геодинамічного стану

**Аналіз попередніх досліджень, формулювання проблеми, актуальність її вирішення.** Підготовлено електронну тектонічну карту України з векторами горизонтальних складових швидкостей GNSS станцій, існує можливість встановити особливості просторового розподілу руху земної кори на території України *(Savchuk, Doskich, 2017)*. Відмічено, що різний ступінь стиску флішових утворень перед терейнами міг бути зумовлений різною швидкістю руху терейнів у бік флішового поясу *(Гнилко, 2017)*. Вивчення закономірностей зміни та розвитку властивостей порід, є важливим під час прогнозування, оскільки саме він дає інформацію про явища, які передують зміщенню порід *(Кузьменко та ін., 2017)*.Оцінювання та аналіз деформаційних полів Землі вирішується комплексно зусиллями різних природничих наук, розроблена методика деформаційного аналізу має вищий інформативний ресурс, забезпечує адекватні GNSS-даним оцінки деформаційних полів *(Тадеєв, 2017).* Особливості сучасних горизонтальних рухів в зоні Оашського глибинного розлому та сейсмічна активність розглянуто в *(Ігнатишин та ін., 2019),* відмічено розширення порід в зоні Оашського глибинного розлому за весь період спостереження. Представлено результати дослідження геодинамічних процесів в Закарпатському внутрішньому прогині, зокрема за 2017-2018 роки, що відмітили періодичність сучасних горизонтальних рухів кори, зокрема розширення порід величиною +19 x$10^{-7}$ *(Ігнатишин та ін. 2019).* Використано результати геофізичних спостережень при вивченні геодинамічного стану Закарпатського внутрішнього прогину *(Ігнатишин, 2019)*, показано на зв'язок геофізичних полів із сейсмотектонічними процесами в Закарпатському внутрішньому прогині. Реєструються інтенсивні горизонтальні рухи, що супроводжуються інтервалами активізації сейсмічної активності регіону *(Ігнатишин та ін., 2017).*

**Фактичний матеріал та методологія досліджень.** Автори провели дослідження геодинамічного та сейсмічного стану Закарпатського внутрішнього прогину, використовуючи результати режимних геофізичних досліджень, що проводяться на режимних геофізичних станціях та сейсмічних станціях Карпатської дослідно-методичної геофізичної та сейсмологічної партії Відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім..С.І. Субботіна НАН України в 2020 році. Для отримання характеру сучасних горизонтальних рухів кори та їх величину проведено вимірювання геомеханічних рухів та їх обробка. Деформометричні вимірювання проводяться в безперервному режимі в зоні Оашського глибинного розлому на пункті деформометричних спостережень «Королеве» Відділу сейсмічності Карпатського регіону. В штольні деформометричної станції в 1998 році змонтовано кварцовий горизонтальний деформограф напрямку схід-захід, базою 24,5 м, азимутом 80º, підсиленням: 0.138 мкм на 1 мм запису. Побудовано просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності за 2020 рік, визначено величину вікового ходу сучасних горизонтальних рухів кори за досліджуваний період, розраховано величини швидкостей геомеханічних рухів в добовому та місячному діапазоні.

**Отримані результати, їх обговорення.** Просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності за 2020 рік показав на наявність трьох чітко виділених періодів сейсмічної активності, що відрізняються сейсмічною густиною: 1 період(січень-лютий 2020 року); 2 період (квітень-червень 2020 року); 3 період (вересень-листопад 2020 року). Інтервали між цими сейсмічними максимумами:1-1.5 місяці. Найбільша частота сейсмічних подій припадає на 2 період сейсмічної активності. Така тенденція вказує на сезонність сейсмічної активізації. За період 2020 року на теренах Закарпатського внутрішнього прогину відбулося 188 місцевих землетрусів, особливістю сейсмічного стану регіону є реєстрація відчутного місцевого землетрусу 23 січня 2020 року 20.03.10 (за Грінвічем). Відмічено: сейсмічне затишшя для відчутних місцевих землетрусів тривало 4.5 років. Ймовірне це пов'язано з характером сучасних горизонтальних рухів кори, які в останні роки характерні низькими віковими рухами земної кори, періодами знакозмінних рухів земної кори, коли інтенсивні розширення змінюються на стиснення порід. Такі припущення вимагають продовження вивчення рухів кори не тільки в зоні Оашського глибинного розлому але і в північно-західній та південно-східній частині Закарпатського внутрішнього прогину. Актуально виявлення впливу геологічних процесів на зміну геофізичних полів, які в короткотерміновому аспекті досліджуються постійно, в залежності від вимірювань геофізичних параметрів на окремих геологічних структурах регіону. Кількість землетрусів зареєстрованих за рік знаходяться в кількісному інтервалі, характерному для останніх періодів дослідження місцевої сейсмічності. Проведено розрахунок кінематики сучасних горизонтальних рухів в зоні Оашського глибинного розлому за 2020 рік. Попередні дослідження показали на кореляцію рядів просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності та динаміки рухів кори в досліджуваному регіоні. Відмічено інтервали часу, коли реєстрували швидкі зміщення кори, які супроводжувалися періодами підвищення місцевої сейсмічності. Показано: періоди підвищеної сейсмічності корелюються в основному із періодами, що характеризуються як інтенсивні стиснення верхніх шарів земної кори. Цей висновок вказує на вплив геомеханічних рухів суміжних геологічних структур, зокрема зони Вранча. Рухи кори незалежно від їх типу( вертикальні чи горизонтальні) є результатом геомеханічних процесів в регіоні. За 2020 рік виміряні горизонтальні рухи кори в регіоні представлені незначним стисненням порід на фоні успадкованих рухів, що відмічені як розширення порід величиною $+10x10^{-7}$ та показано часовий розподіл місцевої сейсмічності (рисунок 1, а).

Проведено дослідження кінематичних величин сучасних горизонтальних рухів кори порід як в добовому так і в місячному діапазонах. Представлено варіації зміни величини швидкості сучасних горизонтальних рухів в зоні Оашського глибинного розлому (рисунок 1, б). Аналіз залежності швидкості рухів кори в зоні Оашського розлому від часу та просторово-часовий розподіл дозволив зробити деякі висновки. Величина вікового зміщення земної кори в центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину за 2020 року становить ***$-2.5x10^{-7}$***, що є відносно малими рухами в порівнянні із середнім вікоим ходом в даній місцевості. Слід зауважити, що максимуми сейсмічної активності, які припадають на середину року знаходяться в інтервалі знакозмінних процесів в сучасних горизонтальних рухах в зоні Оашського глибинного розлому. Причому незалежно від порядку зміни знаку рухів кори сейсмічність регіону виявляється підвищеною, що показує на вплив динаміки рухів кори на прояв місцевої сейсмічності. Інтенсивність горизонтальних рухів кори корелюється із частотою прояву місцевої сейсмічності. Отримані результати геодинічних спостережень важливі при побудові моделі сейсмотектонічних процесів в сейсмонебезпечних регіонах.



а) б)

***Рисунок 1**. а) Сучасні рухи кори (діаграма сірого кольору) в зоні Оашського глибиного розлому та місцева сейсмічність (діаграма світло-сірого кольору). Закарпатський внутрішній прогин; б) Сейсмічність регіону (діаграма світло-сірого кольору), швидкість рухів земної кори в зоні Оашського глибинного розлому (діаграма сірого кольору) за 2020 рік.*

**Висновки.** Підсумовуючи результати виконаних досліджень можна зробити деякі висновки. В Закарпатському внутрішньому прогині за досліджуваний 2020 рік зареєстровано 188 місцевих землетрусів, слід відмітити, в січні 2020 року відбувся відчутний місцевий землетрус інтенсивністю 4 бали в Берегівському районі Закарпатської області. Важливість цього факту є очевидним підтвердженням періодичності прояву місцевої сейсмічності в регіоні, оскільки сейсмічне „ затишшя” відчутних підземних поштовхів тут тривало 4,5 років. Вимірювання сучасних рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому в 2020 році підтвердили загальний характер успадкованих рухів верхніх шарів земної кори. Відмічено кореляцію рухів кори та інтервалів місцевої сейсмічної активізації: сейсмічність проявляється після періодів знакозмінних процесів як при переході стиснення в розширення так і в періоди переходу процесів із розширення порід в стиснення порід. Також показано на кореляцію кривих амплітудних значень місцевої сейсмічності та кінематичних характеристик сучасних рухів кори, зокрема швидкості зміщення верхніх шарів земної кори в досліджуваному регіону. Отримані результати важливі для вивчення геофізичних процесів, що супроводжують геологічні процеси в сейсмонебезпечних зонах, зокрема Закарпаття. Важливо проведення високоточних деформографічних спостережень в інших частинах Закарпатського внутрішнього прогину..

**Список використаних джерел:**

Гнилко О.М. [2017] Структура латерального витискання в Карпатах. Геодинаміка 1(22).С16-25. ISSN: 1992-142X (Print) 2519-2663 (Online)

Ігнатишин В.В., Іжак Т.Й., Ігнатишин М.Б.,Ігнатишин А.В. [2019] Кінематика сучасних горизонтальних рухів земної кори та сейсмічний стан Закарпатського внутрішнього прогину за 2017 рік. Материалы Международной научно-практической интернет-конференции «Тенденции и перспективы развития науки и образования в условиях глобализации»: Сб. науч. трудов. – Переяслав-Хмельницкий. – Вып. 45. – 555 с.(С. 5-8).

Ігнатишин В.В., Іжак Т.Й., Ігнатишин М.Б., Ігнатишин А.В. [2019] Особливості сучасних горизонтальних рухів в зоні Оашського глибинного розлому та сейсмічна активність. Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки в країнах Європи та Азії» // Збірник наукових праць. – Переяслав Хмельницький – 163 с.(С. 23-26).

Ігнатишин В.В., Ігнатишин М.Б., Ігнатишин А.В. [2019] Дослідження геодинамічних процесів в Закарпатському внутрішньому прогині. Збірник тез наукової конференції «Здобутки і перспективи розвитку геологічної науки в Україні», присвячену 50-річчю Інституту геології, геохімії та рудоутворення імені М.П. Семененка (Київ, 14-16 травня 2019 року). У 2-х томах / НАН України, ІН-т геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка. – Київ. – Т.1. – 244 с. С.19-20. ISDN 978-966 02-8897 3.

Ігнатишин В.В. [2019] Застосування результатів геофізичних спостережень при вивченні геодинамічного стану Закарпатського внутрішнього прогину. Матеріали ХХІУ Міжнародної науково-методичної конференції «Управління якістю підготовки фахівців», 18-19 квітня 2019 року. м. Одеса. Частина 2.204 с. С. 55-58. ISSN 2412-1932.

Кузьменко Е.Д., Багрій С.М., Чепурний І.В., Штогрин М.В. [2017] Оцінка небезпеки при поверхневих деформацій гірських порід у межах Стебницького калійного родовища методом ПІЕМПЗ. Геодинаміка 1(22). С. 98-113.

Тадеєв О. [2017] До проблеми еманації ефектів втрати інваріантності в оцінювання деформаційних полів Землі за GNSS-даними. Геодинаміка 2(23). С.34-45. https://doi.org/10.23939/jgd2017.02.034

Savchuk S., Doskich S. [2017] Monitoring of crustalmovements in Ukraine usin. Геодинаміка 2(23). С. 7-13.

## ГЕОЛОГІЧНА ВИВЧЕНІСТЬ РАЙОНУ УКРАЇНСЬКОЇ АНТАРКТИЧНОЇ СТАНЦІЇ «АКАДЕМІК ВЕРНАДСЬКИЙ»

***Митрохин О.В.[1], Бахмутов В.Г.[2]***

*[1]ННІ «Інститут геології» Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, mitrokhin.a.v@ukr.net,*
*[2]Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України,*
*Київ, bakhmutovvg@gmail.com*

***Authors present current state of geological researches on the Wilhelm Archipelago and the adjacent mainland of the Graham Coast in the West Antarctica.***

## GEOLOGICAL STUDY ON THE AREA OF THE UKRAINIAN ANTARCTIC STATION “AKADEMIK VERNADSKY”

***Mytrokhyn O.V., Bakhmutov V.G.***

Українська антарктична станція «Академік Вернадський» (УАС) розташована на острові *Галіндез*, що належить до острівної групи *Аргентинські острови* з *архіпелагу Вільгельма* Західної Антарктики. Найближче до станції материкове узбережжя – *півострів Київ*, який являє крайню північну частину *Берегу Греяма* Антарктичного півострова (рис. 1).

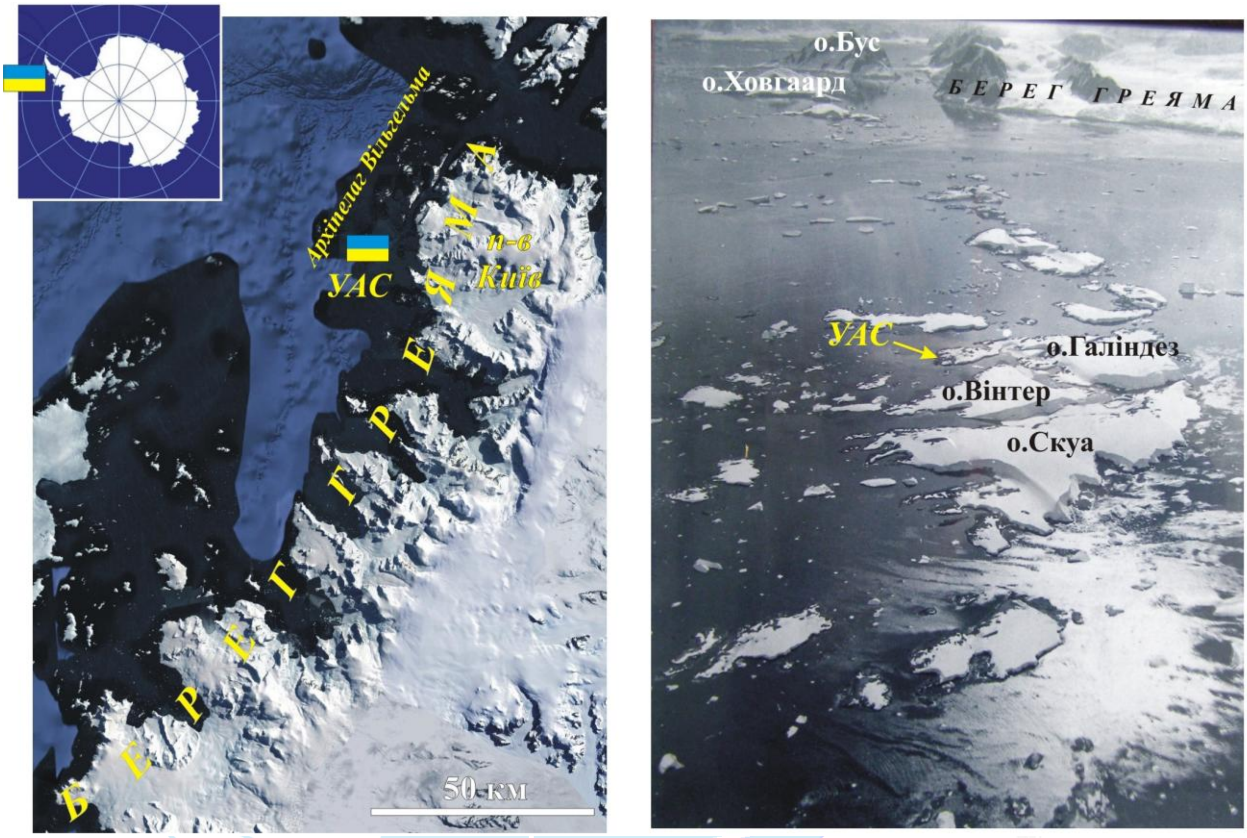


***Рисунок 1.*** *Місце розташування Української антарктичної станції «Академік Вернадський». Ліворуч – космознімок GoogleEarth від 01.01.1999. Праворуч –аерознімок архіпелагу Вільгельма 1971 року з фотоархіву станції «Фарадей».*

Геологічне вивчення архіпелагу Вільгельма та прилеглого узбережжя Берегу Греяма започатковано у 1904 Французькою експедицією Ж.Б.Шарко. Регіональні геологічні дослідження були продовжені британськими дослідниками у 30-50 роках XX сторіччя. Головні обсяги геологічної зйомки здійснювалась за несприятливих умов. Тому створені середньомасштабні геологічні карти виявилися фрагментарними та недостатньо забезпеченими фактичним матеріалом. У зв’язку з поганими льодовими умовами та місцевими особливостями організації геологічних маршрутів, чисельні затоки, які заглиблюються в Берег Греяма, а також його важко-досяжні внутрішні території залишились зовсім не вивченими. Так само, не охоплені дослідженнями частина островів архіпелагу Вільгельма, що є віддаленими від судноплавних проток Лемаер, Пенола та Грандідієр. Аргентинські острови – єдина ділянка, де була проведена крупномасштабна геологічна зйомка. Щоправда, створена у процесі цієї зйомки геологічна карта має цілу низку суттєвих недоліків. Зокрема, на ній показані лише суто петрографічні дані без елементів залягання гірських порід та тектонічних деформацій, без зон постмагматичних змін та проявів рудної мінералізації. Просторова розповсюдженість геологічних формацій не завжди відповідає дійсності. Вік окремих геологічних тіл недостатньо обґрунтований або визначений помилково. Усе перелічене пояснює, чому рівень геологічної вивченості району на момент створення тут УАС лишався набагато гіршим, порівняно з суміжними територіями.

З 1996 року Аргентинські острови, архіпелаг Вільгельма та Берег Греяма досліджують українські фахівці в галузі наук про Землю. Найбільшого розвитку набули різноманітні геофізичні дослідження, головні результати яких узагальнені у монографії *(Бахмутов та ін., 2017)*. Крім них, здійснюються спеціалізовані дослідження з геоморфології, геотектоніки, геохронології, седиментології, мінералогії, геохімії та рудоутворення *(Артеменко та ін., 2011-20; Бахмутов, 1998, 2013; Гожик П.Ф. та ін., 1997, 2002; Греку, 2003, 2005-06; Максимчук та ін., 2004, 2008; Муровська та ін. 2015; Огієнко, 2014-15, 2017; Ольштинська та ін., 2015, 2019)*. У процесі досліджень фахівці усіх перелічених напрямків неодноразово стикалися з недостовірністю або повною відсутністю геологічних даних по тим чи іншим об'єктам. Тому, у 2017 році Митрохиним О.В. та Бахмутовим В.Г розпочато роботи по геологічній зйомці та геологічному картуванню району УАС, які тривають понині *(Mytrokhyn and Bakhmutov, 2019, 2020)*. Дослідження виконуються за підтримки Національного антарктичного наукового центру МОН України. Отримані дані дозволили розробити нову стратиграфічну схему дочетвертинних утворень району УАС та уточнити наявну оглядову геологічну карту 1:500000 *(Митрохин та Бахмутов, 2019)*. Нещодавно створено нову середньомасшабну геологічну карту району архіпелагу Вільгельма та найближчого узбережжя півострова Київ (рис.2). Крупномасштабною геологічною зйомкою, крім Аргентинських островів, наразі охоплені значні території на островах Анаграм, Рока, Берселот, Пітерман, Ведель та Ховгаард *(Митрохин та ін., 2018, 2020; Митрохин та Бахмутов, 2020-21)*. На мейнленді Берегу Греяма обстежена лінія узбережжя півострову Київ від мису Ренарда до мису Туксен, включаючи зовсім не вивчені внутрішні акваторії заток Жирард Бей та Веддінгтон Бей *(Mytrokhyn and Bakhmutov, 2017, 2020)*. Виконано декілька рекогносцирувальних маршрутів вглиб півострова Київ вздовж лінії Расмуссен Хат – Маунт Міл – Гайс Кліф – Бассей Глетчер – Расті Рокс. В результаті отримані нові дані про стан оголеності досліджених територій, наявні виходи гірських порід, умови їх залягання, петрографічний склад, супутні мінеральні утворення та рудоносність. Виявлено цілу низку раніш не відомих геологічних об'єктів, зокрема: мезозойські осадові товщі у тому рахунку фосилієвмісні, прижерлові вулканічні фації та ігнімбрити, розшаровані габроїдні інтрузії, габроїди з орбікулярними та гребеневими структурами; гібридні утворення з включеннями «mafic magmatic encloves», рої мафічних дайок, субвулканічні породи неоген-четвертинного віку, нові проявіви Cu, Ti, V, Cr, TR та Th мінералізації. Подальші перспективи геологічного вивчення та з'ясування мінерально-ресурсного потенціалу району УАС мають визначатися Державною цільовою науково-технічною програмою досліджень в Антарктиці, яку нещодавно рішенням уряду було продовжено до 2023 року.

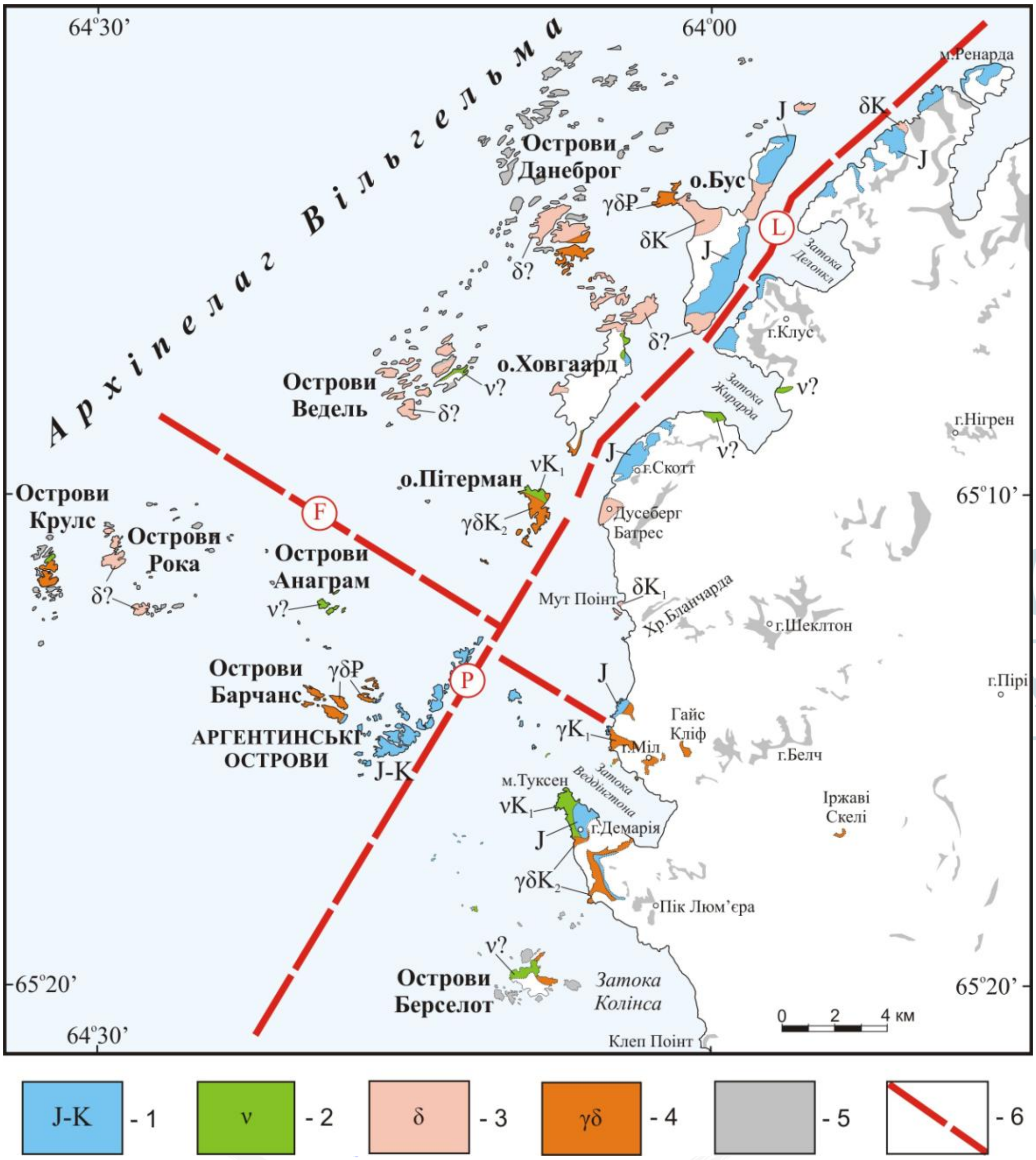


**Рисунок 2.** *Нова геологічна карта району архіпелагу Вільгельма та найближчого узбережжя півострова Київ. Умовні позначення: 1 – вулканогенні товщі півострова Київ та Аргентинських островів; 2 – габроїдні інтрузиви раньокрейдяного ($\nu K_1$) та нез’ясованого (ν?) віку; 3 – діоритові інтрузиви раньокрейдяного ($\delta K_1$) та нез’ясованого (δ?) віку; 4 – гранітоїдні інтрузиви ранньокрейдяного ($\gamma K_1$), пізньокрейдяного ($\gamma\delta K_2$) та палеогенового (γδ₽) віку; 5 – неідентифіковані виходи гірських порід; 6 – регіональні розломи у протоках Лемаер (L), Пенола (P) та Френч (F). Карта складена О.Митрохиним, крім авторських даних використані матеріали R.Curtis (1966).*

### Список використаних джерел:

Артеменко Г.В., Бахмутов В.Г., Самборская И.А., Канунникова Л.И. [2011] Проявления рудной минерализации в интрузивном комплексе архипелага Аргентинские острова (Западная Антарктика). Мінералогічний журнал, 33, 3 – С.90-99.

Артеменко Г.В., Бахмутов В.Г., Самборская И.А., Бахмутова Л.Н., Шпира В.В. [2013] Магматическая расслоенность габброидов батолита Антарктического полуострова. Украинский антарктический журнал, 12. – С.30–33.

Артеменко Г.В., Бахмутов В.Г., Самборская И.А., Бахмутова Л.Н. [2015] Расслоенная интрамагматическая дайка в интрузии анортозитов на острове Берселот (архипелаг Аргентинские острова, Западная Антарктида). Український антарктичний журнал, 14. – С.36–42.

Артеменко Г.В., Ганоцкий В.И. [2018] Геохимические особенности дайковых пород островов архипелага Арджентайн и прилегающей части Антарктического полуострова (Западная Антарктика). Проблемы Арктики и Антарктики, 64, 3. – С. 270-293

Артеменко Г.В., Ганоцкий В.И., Гречановская Е.Е., Кануникова Л.И., Швайка И.А. [2020] Геохимические особенности и генезис осадочных пород серии Тринити (район острова Лахилл, Западная Антарктика). Доповіді Національної академії наук України, 4. – С. 66–76.

Бахмутов В.Г. [1998]. Геологический обзор архипелага Аргентинские острова и прилегающей территории Антарктического полуострова. Бюлл. УАЦ, 2. – С. 77–84.

Бахмутов В.Г., Гладкочуб Д.П., Шпира В.В. [2013] Возрастная позиция, геодинамическая специфика и палеомагнетизм интрузивных комплексов западного побережья Антарктического полуострова, Геофизический журнал, 35, 3. – С. 3–30.

Бахмутов В.Г., Третяк К.Р., Максимчук В.Ю., Глотов В.М., Греку Р.Х., Єгорова Т.П., Залізовський А.В., Колосков О.В., Корчагін І.М., Проненко В.О. [2017] Структура і динаміка фізичних полів у Західній Антарктиці. Львів: видавництво Львівської політехніки. – 338с.

Гожик П.Ф., Усенко В.П. [1997] Аспекти дослідження геоекосистеми акваторії архіпелагу Аргентинські острови. Бюлетень Українського антарктичного центру, 1. – С.217-227.

Гожик П.Ф., Греку Р.Х., Усенко В.П., Вернигоров В.П., Греку Т.Р., Острецов Г.А., Гончар А.И., Клочан Ю.А., Моц В.Н. [2002] Карта рельефа дна мелководной зоны архипелага Аргентинских островов в районе украинской антарктической станции Академик Вернадский. Геол. журн., 1. – С. 128-131.

Греку Р.Х., Ладановский Ю.В., Курбацкий А.С., Греку Т.Р., Куренков В.О. [2002] Геодезические наблюдения на островах Аргентинского архипелага в Западной Антарктике и представление результатов в системе ArcGIS, Геол. журн., 2 – С.134-138.

Греку Т.Р. [2003] Зона сопряжения Земли Грейама и западной материковой окраины Антарктического полуостров. Сучасні проблеми геологічної науки: Зб. наук. пр. ІГН НАН України. – С. 95-100.

Греку Т.Р. [2005] Роль льодового морфогенезу та тектоніки в формуванні західного шельфу Антарктичного півострова: дис... канд. геол. наук: 04.00.10 / НАН України; Інститут геологічних наук. – К., 2005.

Греку Т.Р. [2006] Изучение особенностей формирования, структуры и морфологии западного шельфа Антарктического полуострова по результатам тектонических и гляциологических исследований. Український антарктичний журнал, 4-5. – С. 30-38.

Максимчук В., Городиський Ю., Чоботок І., Бахмутов В., Кузнєцова В. [2004] Тектономагнітні дослідження в Західній Антарктиці. Геодинаміка, 1, 4. – С. 40-45.

Максимчук В.Ю., Бахмутов В.Г. [2007-08] Результаты тектономагнитных исследований и современная геодинамическая обстановка в районе УАС «Академик Вернадский». Український антарктичний журнал, 6-7 – С. 32-42.

Митрохин О.В., Бахмутов В.Г., Гаврилів Л.І., Алєксєєнко А.Г. [2018] Геологічна будова острова Пітерман (архіпелаг Вільгельма, Західна Антарктика). Вісн. Київ. ун-ту. Геологія, 80, 1. – С.7-15.

Митрохин О.В., Бахмутов В.Г. [2019] Стратиграфія району Української антарктичної станції «Академік Вернадський». Український антарктичний журнал, 1, 18. – С. 45-61.

Митрохин О., Бахмутов В., Марущенко О., Андреєв О., Хлонь О. [2020] Петрографія, мінералогія та потенційна рудоносність гранітоїдів Барчанс-Фордж (Аргентинські острови, Західна Антарктика). Мінералогічний журнал, 42, 2. – С. 32-42

Митрохин О.В., Бахмутов В.Г. [2020] Геологічна будова та петрографія островів Ведель (архіпелаг Вільгельма, Західна Антарктика). Вісн. Київ. ун-ту. Геологія, 90, 3. – С. 18-27.

Митрохин О.В., Бахмутов В.Г., Алексєєнко А.Г., Митрохіна Т.В. [2020] Петрологія габроїдів островів Анаграм (Архіпелаг Вільгельма, Західна Антарктика). Мінералогічний журнал, 42, 4. – С.69-83.

Митрохин О.В., Бахмутов В.Г. [2021] Перша знахідка орбікулярних габроїдів у районі Української антарктичної станції «Академік Вернадський» (Архіпелаг Вільгельма, Західна Антарктика). Мінералогічний журнал, 43, 2. – С. 40-48.

Муровская А.В., Бахмутов В.Г. [2015] Предварительные результаты полевых тектонофизических исследований в районе западного побережья Антарктического полуострова. Український антарктичний журнал, 14. – С. 66-73.

Огієнко О.С. [2014] Видове різноманіття та екологічні особливості діатомових комплексів із поверхневого шару донних відкладів Західної Антарктики (район Аргентинських островів). Вісник Київського університету. Геологія, 67, 4. – С. 14-18.

Огієнко О.С. [2015] Розподіл комплексів діатомових водоростей у поверхневому шарі донних відкладів північно-західної частини Антарктичного півострова за морфоструктурними зонами шельфу. Вісник Київського університету. Геологія, 68, 1. – С. 14-20.

Огієнко О.С. [2015] Біофаціальна характеристика за діатомовими водоростями донних відкладів шельфу Антарктичного півострова. Геология и полезные ископаемые Мирового океана, 41, 3. – С. 82-90.

Огиенко О.С., Тимченко Ю.А. [2015] Влияние позднеголоценовых колебаний климата на обстановки седиментации в акватории Антарктического полуострова. Вісник Київського університету. Геологія, 69, 2. – С. 11-16.

Огиенко О.С. [2017] Палеогеографічні обстановки формування верхньочетвертинних відкладів в Західному секторі Антарктики за даними діатомового аналізу: дис... канд. геол. наук: 04.00.01. – К.

Ольштинська О.П., Шехунова С.Б., Стадніченко С.М., Огієнко О.С., Пермяков В.В. [2019] Літологічна та мікропалентологічна характеристика донних відкладів Stella Creek (західний шельф Антарктичного півострова). Український антарктичний журнал, 19, 2. – С. 13-25.

Curtis R. [1966] The petrology of the Graham Coast, Graham Land. British Antarctic Survey Scientifif Reports, 50, 51.

Mytrokhyn O.V., Bakhmutov V.G., Aleksieienko A.G., Gavryliv L.I, Mytrokhina T.V. [2017] Geological position and age of Tuxene-Rasmussen layered gabbroid intrusion (West Antarctica). Український антарктичний журнал, 16. – P. 21-28.

Mytrokhyn O., Bakhmutov V. [2019] Geological research during 24-th Ukrainian Antarctic Expedition, January – April 2019: Graham Coast of Antarctic Peninsula and adjacent islands. XIII International Scientific Conference “Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment”, Kyiv, 12-15 November 2019. – P. 4.

Mytrokhyn O., Bakhmutov V. [2020] Geological research during 25-th Ukrainian Antarctic Expedition, February – April 2020: Kiev Peninsula of the Graham Coast. XIV International Scientific Conference “Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment”, Kyiv, 10–13 November 2020. – P. 4.

Olshtynska A.P., Ogienko O.S. [2015] Late Quaternary climate variations in West Antarctica and their impact on the marine siliceous microalgae. Ukrainian Antarctic Journal, 16. – P. 37-44.

# ABOUT SCIENTIFIC AND APPLIED ASPECTS OF MODERN SEDIMENTATION MATTER EXPLORATION

***Olshtynska A.P.[1], Nasedkin Y.I.[1], Ivanova G.M.[1], Mytrofanova O.A.[2]***

*[1]Institute of geological sciences of National academy of sciences of Ukraine, Kyiv,
ol-lesia@ukr.net, nasedevg@ukr.net, a_1207@ukr.net
[2] State Scientific Institution "Center for Problems of Marine Geology, Geoecology and
Sedimentary Ore Formation of National academy of sciences of Ukraine", Kyiv,
mitrof_jl@ukr.net*

***The article presents the results of long-term continuous observations of sediment flows in river and sea basins based on the use of a set of developed devices for the selection of suspended matter from the aquatic environment and the upper layer of bottom sediments.***

# ПРО СУЧАСНІ НАУКОВО-ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ РОЗВІДКИ ОСАДОВОЇ РЕЧОВИНИ

***Ольштинська О.П., Насєдкін Є.І., Іванова Г.М., Митрофанова О.А.***

**Introduction**. Sedimentation matter throughout the geological history of the Earth has been and remains the main and necessary component of the formation processes of continental and marine sedimentary basins; sedimentogenesis processes are the main formation mechanisms of the surface shell of our planet. In modern science investigations of the distribution of sedimentary matter and its movement, in addition to the purely geological content, acquires other urgent problems. The properties of sediment matter play an important role in the hydrobiological sphere, and in the ecological sense, marine and river suspension have become the main carriers of a number of pollutants.

Time and space monitoring of qualitative and quantitative structure of a water suspension can allow investigating intensity of vertical and horizontal movement of water streams, variability of currents, arrangement of a thermo- and pycnocline, seasonality and synoptic transformation of water mass on various sites of reservoirs, features of stratification of water layers under certain conditions. Examination of water suspension is one of the reliable tools for studying the ecological problems of water basins: suspended particles accumulate and store information on the degree of anthropogenic impact on the aquatic environment (eutrophication, pollution, and other factors of destruction and transformation of geoecological systems). The growing of technogenic pressure and the expansion of the range of pollutants actualize such areas of research and development of analytical methods for studying sediment matter and modern sedimentation processes.

During recent decades, specialists of the Department of Modern Marine Sedimentogenesis of Institute of Geological Sciences of National Academy of Sciences of Ukraine methodically substantiated, created and implemented monitoring systems of sediment flows in river and sea basins. Monitoring is carried out using of a set of developed devices for the sampling of suspended matter from the aqueous medium and the upper layer of bottom sediments.

The results of long-term continuous observations have shown the fundamental possibility of predicting of the natural processes of the distribution of heavy metals concentrations in the suspension, depending on the quantitative and qualitative characteristics of sedimentary material entering the water area. The distribution of sedimentary material, in turn, depends on a number of natural factors. Developed methodology, implemented and optimized monitoring system of the sediment distribution in the natural environment allow not only to characterize the qualitative and quantitative components of river sediment, but also to forecast the pollutants concentration and control their distribution depending on a number of predicted indicators.

Below in shortened form methodological aspects of field observations, some research results in different areas are demonstrated, and development prospects of the observation and research complex are outlined.

**Methods of field research.** The high informativeness of sedimentation traps during investigation of spatio-temporal distribution of sediment matter in the environments of surface water streams puts them on the list of the main practical tools for obtaining a number of field indicators. Determining the rate of sedimentation on the basis of direct field studies of the suspended matter sedimentation in the cylinders of the device, and the possibility of further direct study of its qualitative and quantitative characteristics is the main purpose of using traps in geological and geoecological aspects.

The experience of periodic regime observations in rivers has shown the need to use light, compact and reliable options of sedimentation traps, which at the same time would satisfy the requirements of complex studies of sedimentary matter. Researchers of the Department of Modern Marine Sedimentogenesis of Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine quite effectively use a variant of simple sedimentation traps, the low cost and universality of which has been confirmed by many years using and accumulated practical experience.

The storage cylinder of the trap sampler is made of plastic pipes with a diameter of 100 mm; hermetically fixed upper part of a transparent two-liter plastic bottle can be the bottom of the sedimentation glass (where the suspension is directly accumulated). This simplified design allows removing the whole sample from the hole at the bottom of the trap and avoid partial loss of accumulated substance. Transparent plastic gives the opportunity to observe directly the distribution of the accumulated sediment; the light weight of such a sampler allows installing and removing it from small vessels.

The selection of sediment is carrying out according to the method tested during the long-term field observations of sedimentation flows within the coastal areas of sea and river basins, and usually occurs in the range of two weeks to a month, depending on scientific objectives, rate of sedimentation processes and volume of the substance required for laboratory analysis. Subsequently, in accordance with the tasks of the research, when sediments settle, the suspended substance is separated from the water and dried for further laboratory research.

The practice of long-term research has shown several promising directions for studying the qualitative and quantitative characteristics of a suspended substance, both of an applied and a fundamental nature:

1. Investigation of the patterns of transfer (transportation) of pollutants and their deposition in bottom sediments of water areas.
2. Assessment of temporal and spatial patterns of distribution of phytoplankton groups based on monitoring of suspended matter.
3. Study of the formation conditions of sediment-forming matter in river (sea) waters, seasonal distribution of its volumes and material composition.
4. Examination how the redistribution between the aquatic environment and suspended matter of a number of compounds and microelements (indicators of the quality of the aquatic environment) is taking place. It is advisable to involve the data of state water quality control bodies within the research site.

Successfully implemented projects of field observations of the quantitative and qualitative distribution of suspended matter are the evidence of useful design of traps and correct geographical selection of the studied water areas.

In particular, within the framework of the project **"Creation of a system for observing the state and variability of natural conditions in the land-sea interaction zone"**, which was carried out at the geoecological test site, created on the basis of the Experimental Department of the Marine Hydrophysical Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine in Katsiveli village (Southern Coast of Crimea) during 2009-2014, a complex of marine and field observations was undertaken. Investigation of modern marine sedimentation conditions, which was carried out from the Oceanographic Platform, located 600 meters from the coast, using two "garlands" of sedimentation traps at depths of 15 and 26 meters was an important component of the research complex.

Results of our study allowed “forming picture” of the qualitative and quantitative transformation of sedimentary flows during of its movement in the hydrospheric environment and under the conditions of biological and chemical changes occurring during sedimentation processes; and also to fix the reasons for changes in the sedimentation environment over the year (determination of the intensity of watercourses entering into the marine environment from land, the influence of upwelling, the peculiarities of re-deposition of the upper layer of bottom sediments during periods of hydrodynamic disturbances and possible erosion of bottom areas).

As a result, the long-term values of the monthly distribution of sedimentary matter, the content of its main sediment-forming components, the distribution of organic carbon according to long-term data, and a number of other parameters were determined. The processes of sedimentation material inflow into the water area and its separation by distance from the coastline, depending on the grain size, were investigated.

Sedimentation traps were one of the main research tools during implementation the project **"Creation of a system for observing the impact of economic activity on natural complexes and control of negative changes in their composition"**. This project was carried out in the Dnieper water area within the territory of Zaporizhzhye city. One of the main purposes of it was determining the role of sedimentation flows in the transport of a number of pollutants.

Field observations and a set of laboratory studies made it possible to classify a natural substance according to morphological characteristics, chemical and trace element composition, and, ultimately, genetic affiliation. Particular attention was paid to the characteristics and patterns of distribution of the anthropogenic component; its contribution to the total amount of components of the river suspension was estimated. Long-term studies allowed determining the correlations in the temporal distribution of a number of heavy metals in the substance of the water suspension, the forms of their existence in the substance of the transit media of the study area.

Special attention should be paid to the use of sedimentation traps for the analysis of plankton associations as a component of the monitoring system for the state of natural conditions in the land and sea interaction zone. As is known, bottom and planktonic diatoms are sensitive to changes in hydrological environmental conditions, which make them indicators of the conditions of existence and sedimentation. Salinity, depth and transparency of water, the amount of dissolved biogenic elements, the type and mineral composition of the substrate, as well as the temperature regime, depth and activity of water circulation are the most important physicochemical and hydrological factors that determine the species composition of diatom complexes.

Research of the distribution of microphytoplankton complexes inherent of certain existence conditions in the sedimentary material sampled in certain seasons and under certain hydrodynamic and hydrological conditions within the observation sites made it possible:

- to investigate the degree of re-sedimentation processes influence on the intensity of accumulation of sedimentary matter. The ratio of the content of benthic forms of microorganisms in the traps of the upper and lower levels became a direct indicator of the intensity of the re-sedimentation processes;
- to highlight the process of suspended matter transport from deep waters (during upwelling). In this case, deeper or brackish forms of microalgae could be the indicators.
- to determine the intensity of the inflow of freshened waters into the observation area (temporary streams during rains, river waters in certain seasons) by analyzing the presence of freshwater species of plankton communities near the Oceanographic platform.

Thus, sedimentation traps can be considered an effective tool for field (marine) research and regime observations, with the help of which it is possible to solve a wide range of problems related to the processes of formation, transformation, transfer and deposition (accumulation) of sedimentary flows matter, as well as to study the qualitative characteristics of mineral and biotic components of aqueous suspension.

## ОСОБЕННОСТИ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ ПЛОЩАДЕЙ РАСПОЛОЖЕНИЯ КОЛЬЦЕВЫХ И ИМПАКТНЫХ СТРУКТУР ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЧАСТОТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ОБРАБОТКИ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ

***Якимчук Н.А.[1], Корчагин Г.Н.[2], Янушкевич К.П.[1]***

*[1]Институт прикладных проблем экологии, геофизики и геохимии, Киев,*
*yakymchuk@gmail.com, katerynaslyzka@gmail.com*
*[2] Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, Киев, korchagin.i.n@gmail.com*

***The results of a reconnaissance survey of annular and impact structures on different continents of the globe are presented. Experimental studies were carried out in order to study the deep structure in the areas of the location of impact structures and to establish their genesis. In the areas where 28 circular structures in North and South America, Europe, Asia, Africa and Australia by frequency-resonance processing of images, the presence of volcanic complexes filled with salt (one), sedimentary rocks of 1-6 groups (one), granites (four), basalts (five), ultramafic rocks (twelve) and kimberlites (five). In general, six types of volcanoes were found out of 10 types established by numerous experimental studies. In the areas where volcanoes of ultramafic rocks are located, responses from potassium-magnesium salt, dead water and industrial micro-diamonds - lonsdaleites were recorded. Within basalt volcanoes with roots at different depths, responses at hydrogen frequencies are almost always recorded throughout the entire interval of fixation of signals from basalts.***

## APPROBATION OF MOBILE DIRECT-PROSPECTING METHODS IN THE SITES OF SEARCHING FOR WATER-BEARING RESERVOIRS, LOCATIONS OF LAKES AND ACTIVE VOLCANOES

***Yakymchuk N.A., Korchagin I.N, Yanushkevych K.P.***

**Введение.** В процессе проведения апробации мобильных прямопоисковых методов частотно-резонансной обработки и декодирования спутниковых снимков и фотоснимков *(Якимчук, 2019)* существенное внимание уделялось вопросам изучения особенностей глубинного строения вулканических комплексов и кольцевых структур в различных регионах земного шара. Инструментальными измерениями обнаружено десять типов глубинных каналов (вулканов), заполненных осадочными, метаморфическими и магматическими породами *(Якимчук, 2020).* Корни установленных вулканических комплексов практически всегда фиксируются на глубинах 996 км, 723 км, 470 км и 195-218 км, 95-99 км. Проводилось также обследование участков (площадей) расположения кольцевых структур с целью установления их (возможного) генезиса – структура является метеоритным кратером, или вулканической постройкой. Некоторые результаты такого характера работ представлены в *(Якимчук, 2020; Якимчук, 2021).*

**Анализ предыдущих исследований, формулирование проблемы, актуальность ее решения.** Поводом для проведения дополнительных экспериментальных исследований на площадях расположения импактных (кольцевых) структур являются многочисленные материалы с их описанием. Так, на сайте *(Earth Impact Database)* можно ознакомиться с электронной базой импактных структур. В 2020 г. опубликован двухтомный атлас импактных структур, обнаруженных на различных континентах земного шара *(Manfred Gottwald, 2020).* Значительный объем информации о кольцевых структурах приводится в монографиях *(Масайтис, 2016; Хазанович-Вульф, 2011).* Представлены материалы рекогносцировочного обследования с использованием частотно-резонансных методов обработки спутниковых снимков и фотоснимков локальных участков и площадей расположения импактных структур, сведения о которых представлены в монографии *(Хазанович-Вульф, 2011).* При проведении экспериментальных работ акцент делался на изучение особенностей глубинного строения участков обследования. Проблема исследований кольцевых структур в том, что достоверно не известно их истинное происхождение, к тому же при их изучении используются достаточно устаревшие и громоздкие приборы и методы. Актуальность решения проблемы в том, что мы предлагаем исследовать такого роды структуры мобильной прямопоисковой технологией.

**Фактический материал и методология исследований.** Экспериментальные исследования рекогносцировочного характера проводятся с использованием малозатратной прямопоисковой технологии, включающей модифицированные методы частотно-резонансной обработки и декодирования спутниковых снимков и фотоснимков, вертикального электрорезонансного зондирования (сканирования) разреза и методики интегральной оценки перспектив нефтегазоносности (рудоносности) крупных поисковых блоков и локальных участков (*Якимчук, 2019*).

Отдельные компоненты используемой технология разработаны на принципах «вещественной» парадигмы геофизических исследований, сущность которой заключается в поиске конкретного (искомого в каждом отдельном случае) вещества *(Левашов, 2012).* В основе разработанных методов лежат обнаруженные Николой Тесла в 1899 г. стоячие электрические волны *(Тесла, 2009; Тесла, 2010).* В модифицированных версиях методов частотно-резонансной обработки спутниковых снимков и фотоснимков, а также вертикального зондирования (сканирования) разреза используются существующие базы (наборы, коллекции) осадочных, метаморфических и магматических пород (*http://rockref.vsegei.ru/petro/*), минералов и химических элементов. Особенности и возможности использованных методов, а также методика проведения измерений описаны более детально в *(Якимчук, 2019; Якимчук, 2020; Якимчук 2021).*

**Полученные результаты, их обсуждение.** С использованием координат для последующей частотно-резонансной обработки подготовлены спутниковые снимки участков (площадей) расположения кольцевых структур. Было исследовано 47 кольцевых структур по всему земному шару. Так, в *Северной Америке* авторами исследованы структуры Крукед Крик (рис.1), Декейтур-вилл, Уобло-Осцеола, Уэллс-Крик, Миллсборо, Версаль, Джепта Ноб, Слэйт Айлендс, Гловер Блафф, Дип Бэй, Пренксвилл, Мэнсон, Авак, Вьюфилд, Амес, Игл Батт, Кельвин, Лайс Ранч, Маркез, Ньюпорт, Ред Уинг Крик, Сильян, Стин Ривер, Сьерра Мадера.

*Крукед Крик (рис. 1).* При частотно-резонансной обработке спутникового снимка на площади установлено наличие магматических пород 7-й (ультрамафические) группы и метаморфических пород 15-й (кристаллические сланцы) груп. Фиксацией откликов на различных глубинах корень вулкана ультрамафических пород определен на глубине 723 км. С поверхности зафиксированы отклики от лонсдейлитов (технических микроалмазов), соли калийно-магниевой, нефти, конденсата, газа и фосфора (черный).

**Рисунок 1**. *Структура Крукед Крик, США.*

**Рисунок 2.** *Структура Санта-Марта.*

В *Южной Америке* были исследованы структуры Санта-Марта (рис.2) и Сао Мигель де Тапуйи.

*Санта-Марта (Гильбуэс) (рис. 2).* В процессе обработки спутникового снимка определен вулкан ультрамафических пород с корнем на глубине 470 км. С поверхности зафиксированы отклики от соли калийно-магниевой, лонсдейлита, нефти, конденсата, газа и фосфора (черного).

Структуры в *Европе*: Штенхейм (рис.3), Рис, Янисъярви, Чешская губа, Белое озеро, Ротмистровская, Оболонская, Зеленогайская и Болтышская.

*Штейнхейм (рис. 3).* Определен гранитный вулкан с корнем на глубине 996 км (старый гранитный вулкан). С поверхности зарегистрированы отклики от графита, коэсита и золота. Сигналы от нефти и ртути не получены. Отклики от золота свидетельствуют о наличии на площади обследования молодого гранитного вулкана с корнем на глубине 470 км.

**Рисунок 3.** *Структура Штейнхейм.*

**Рисунок 4.** *Оленёкское поднятие в Азии.*

Также было исследовано ***Оленёкское поднятие в Азии*** *(рис. 4).* На площади обследования определен кимберлитовый вулкан с корнем на глубине 723. Верхняя кромка кимберлитов зафиксирована сканированием разреза в интервале 1009-1010 м. На поверхности 1008 м из верхней части разреза получены отклики от кремнистых пород и мергелей (слабой интенсивности). Зарегистрированы также сигналы от 14-й группы метаморфических пород (гнейсы).

Структуры, обследованные в *Африке*: озеро Виктория, Бруккарос, Мороквенг и структура Кебира, где определен гранитный вулкан с корнем на глубине 996 км и отклики от золота свидетельствуют о наличии на площади обследования молодого гранитного вулкана с корнем на глубине 470 км.

В *Австралии* исследованы структуры Акроман, Шумейкер, Гоут Педдок и Спайдер, на площади обследования которого определен кимберлитовый вулкан с корнем на глубине 723. С поверхности зарегистрированы отклики на частотах алмазов.

**Заключение.** Обнаружение при проведении рекогносцировочных исследований в различных регионах земного шара многочисленных вулканических комплексов, заполненных осадочными, метаморфическими и магматическими породами различного состава, можно считать важным аргументом в пользу вулканической модели *(Багдасарова, 2014)* формирования внешнего облика планеты Земля, а также месторождений рудных и горючих полезных ископаемых и воды. Целесообразно продолжить экспериментальные исследования с целью определения скопления каких полезных ископаемых формируются во всех установленных ранее 10-ти типах вулканических комплексов *(Якимчук, 2020).* Заслуживает также внимания проблема изучения связи процессов рудной минерализации с вулканическими постройками различного возраста. Установление такой связи позволит в дальнейшем использовать выявленные закономерности в качестве поисковых признаков рудной минерализации определенного типа.

В целом, результаты экспериментальных исследований на описанных выше участках и площадях пополняют имеющуюся (формируемую) базу обследованных структур и месторождений полезных ископаемых в различных регионах мира. Материалы экспериментальных исследований рекогносцировочного и детального характера, накопленные в этой базе, позволят в дальнейшем сформулировать статистически обоснованные рекомендации методического характера для поисков горючих и рудных полезных ископаемых, а также обосновывать известные (и альтернативные) модели формирования структур на земной поверхности.

## Список использованной литературы:

Багдасарова М.В. [2014] Дегазация Земли – глобальный процесс, формирующий флюидогенные полезные ископаемые (в том числе месторождения нефти и газа). Электронный журнал «Глубинная нефть». – № 10. – С. 1621-1644.

Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. [2012] Частотно-резонансный принцип, мобильная геоэлектрическая технология: новая парадигма геофизических исследований. Геофизический журнал. – Т. 34. – № 4. – С. 167-176.

Масайтис В. Л. [2016] Там, где алмазы. СПб: Изд-во ВСЕГЕИ – 384 с.

Тесла Н. [2009] Патенты. Самара: Издательский дом «Агни» – 496 с.

Тесла Н. [2010] Статьи. Самара: Издательский дом «Агни»; Москва: Издательский дом «Русская панорама» – 584с.

Хазанович-Вульф К.К. [2011] Астероиды, кимберлиты, астроблемы. СПб. – 192 с.

Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Бахмутов В.Г., Соловьев В.Д. [2019] Геофизические исследования в Украинской морской антарктической экспедиции 2018 г.: мобильная измерительная аппаратура, инновационные прямопоисковые методы, новые результаты. Геоінформатика. – № 1. – С. 5-27.

Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. [2019] Интегральная оценка структуры некоторых вулканов и кимберлитовых трубок Земли. Геоінформатика. – № 1. – С. 28-38.

Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. [2019, 2020] Технология частотно-резонансной обработки данных ДЗЗ: результаты практической апробации при поисках полезных ископаемых в различных регионах земного шара. Часть I. Геоінформатика. 2019. № 3. С. 29-51. Часть II. Геоінформатика. 2019. № 4. С. 30-58. Часть III. Геоінформатика. 2020. № 1. С. 19-41. Часть IV. Геоінформатика. 2020. № 3. С. 29-62.

Якимчук Н.А., Корчагин И.Н., Янушкевич К.П. [2020] Апробация методов частотно-резонансной обработки спутниковых снимков и фотоснимков на геологической структуре «кратер Чиксулуб». Геоінформатика. – № 2. – С. 39-49.

Якимчук М.А., Корчагін І.М. [2020] Нові свідчення на користь абіогенного генезису вуглеводнів за результатами апробації прямопошукових методів в різних регіонах світу. Доповіді Національної академії наук України. – № 9. – С. 55-62. https://doi.org/10.15407/dopovidi2020.09.055

Якимчук М.А., Корчагін І.М. [2021] Результати застосування прямопошукових геофізичних методів для виявлення і локалізації зон скупчення та міграції водню в розрізах Землі і Місяця. Доповіді Національної академії наук України. – № 1. – С. 65-76. https://doi.org/10.15407/dopovidi2021.01.065

Якимчук М.А., Корчагін І.М. [2021] Особливості глибинної будови території Гренландії в районі розташування структури Maniitsoq. Доповіді Національної академії наук України. – № 4. – С. 61-69. https://doi.org/10.15407/ dopovidi2021.04.061

Earth Impact Database. http://passc.net/EarthImpactDatabase/New%20website_05-2018/Index.html

Manfred Gottwald, Thomas Kenkmann and Wolf Uwe Reimold [2020]. Terrestrial impact structures. The TanDEM-X Atlas. Volume 1: Africa, North/Central America, South America. Volume 2: Asia, Australia, Europe. Verlag Dr. Friedrich Pfeil – Munich. ISBN: 978-3-89937-261-8.